M. Reymond

Das Weltall

Eine illustrierte Entwicklungsgeschichte der Natur.



Meinem lieben Neffen
Arthur Reich
zum Andenken
Albert Markiewicz

Das Weltall.

Eine illustrierte Entwickelungsgeschichte der Natur.



Ideale Landschaft aus der Kreidezeit.
(Zum Kapitel: „Die geologischen Zeitalter" S. 438.)

Das Weltall.

Eine illustrierte Entwickelungsgeschichte der Natur.

Nach dem heutigen Stande der Wissenschaft
und unter Benutzung der besten Quellen dargestellt
von

M. Reymond.

Mit nahezu 500 Abbildungen, 1 Sternkarte, 1 Erdkarte und 4 geologischen Landschaften in Farbendruck.

Berlin.
Deutsche Volksbibliothek A.-G.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort VII

I. Abschnitt: Der Naturmensch und seine Weltanschauung 1
1. Kapitel: Das menschliche Erkenntnisvermögen . . . . . —
2. Kapitel: Das Uebernatürliche 5
3. Kapitel: Die Schöpfungssagen 8

II. Abschnitt Natur und Wissenschaft 21
1. Kapitel: Die Wissenschaft und ihre Hilfsmittel . . . . . —
2. Kapitel: Die wissenschaftliche Naturerkenntnis im Altertum 25
3. Kapitel: Fort- und Rückschritte der wissenschaftlichen Naturerkenntnis im Mittelalter. 31
4. Kapitel: Die neuzeitliche Entwickelung der wissenschaftlichen Naturerkenntnis . . . 40
5. Kapitel: Der heutige Stand der wissenschaftlichen Naturerkenntnis 66

III. Abschnitt. Der Kosmos 93
1. Kapitel: Die Nebelflecke . . . . . —
2. Kapitel: Die Sternhaufen 103
3. Kapitel: Die Milchstraße 105
4. Kapitel: Die Doppelsterne 110
5. Kapitel: Die veränderlichen Sterne 112
6. Kapitel: Das Gesamtbild des Sternenhimmels 116

IV. Abschnitt. Das Reich der Sonne 129
1. Kapitel: Das Sonnensystem . . . . . —
2. Kapitel: Die Sonne 149
3. Kapitel: Die Planeten 163
4. Kapitel: Die Asteroiden 178
5. Kapitel: Die Kometen 181
6. Kapitel: Die Meteoriten 192
7. Kapitel: Das Zodiakallicht 200

V. Abschnitt. Unsere Nachbarn im Weltraum 203
1. Kapitel: Der Mond . . . . . —
2. Kapitel: Der Mars 215
3. Kapitel: Die Venus 226

VI. Abschnitt. Die Erde 231
1. Kapitel: Entstehung und Urzustand unseres Planeten . . . . . —
2. Kapitel: Der Vulkanismus 239
3. Kapitel: Die Erdbeben 284
4. Kapitel: Die Luft 296
5. Kapitel: Das Wasser 331
6. Kapitel: Die Entwickelung der Erdoberfläche 371
7. Kapitel: Die geologischen Zeitalter 409

	Seite
VII. Abschnitt. Die Lebewelt	451
1. Kapitel: Der Ursprung des organischen Lebens auf der Erde	—
2. Kapitel: Die Zelle	459
3. Kapitel: Die niedrigsten Lebewesen	481
4. Kapitel: Die Entwickelungsreihe der organischen Welt	497
VIII. Abschnitt. Das Pflanzenreich	509
1. Kapitel: Allgemeines	—
2. Kapitel: Die Kryptogamen	517
3. Kapitel: Die Blumenpflanzen	542
IX. Abschnitt. Das Tierreich	565
1. Kapitel: Allgemeines	—
2. Kapitel: Die wirbellosen Tiere	573
3. Kapitel: Die Wirbeltiere	586
4. Kapitel: Der Stammbaum des Menschengeschlechtes	609
X. Abschnitt. Das Zeitalter des Menschen	631
1. Kapitel: Die großen Umwälzungen der Tertiärzeit	—
2. Kapitel: Die Eiszeit	636
3. Kapitel: Das Zeitalter des Kulturmenschen	653
Namens- und Sachregister	713

Karten und Tafelbilder.

	Seite
Karte des nördlichen Sternhimmels und Spektren der Himmelskörper	120—121
Uebersichtskarte der Kontinente, Meeresströmungen, neuesten Tieflotungen und Vulkane	368—369
Ideale Steinkohlenlandschaft	416—417
Ideale Juralandschaft	432—433
Ideale Kreidelandschaft	Titelbild
Ideale Landschaft aus der Eiszeit	640—641

Die Freude an der Natur ist dem innersten Wesen des Menschen von allem Anfang her eingewurzelt. Sie ist ein Erbteil, das sich durch die ganze Lebewelt fortvererbt, und dessen sich auch der inmitten des nervösen Hastens und Drängens des Hochkulturlebens stehende Mensch nicht entschlagen kann — ein Vermächtnis aus jener uralten Zeit, in der das Menschendasein sich noch ausschließlich im Rahmen des Naturlebens abspielte. Bei naiven Gemütern, deren Wesen das Gepräge frischer Ursprünglichkeit bewahrt hat, giebt sich die Freude an der Natur in behaglichem Genießen ihrer Schönheiten, in mutigem Trotze gegen ihre Gefahren kund. Der Gläubige versenkt sich gern in das Anstaunen ihrer Wunder, deren Ursprung er in der Weisheit und Allmacht himmlischer Mächte sucht, und höher veranlagte Geister wenden sich voll eifrigen Wissensdranges der Erforschung ihrer Geheimnisse zu und finden die höchste Befriedigung ihres Hanges nach Erkenntnis und Durchdringung dieser Geheimnisse in der Auffindung ihrer Spuren, die sich überall, in den kleinsten und unscheinbarsten wie in den größten und gewaltigsten Naturerscheinungen dem forschenden Geiste zeigen.

Es ist noch nicht lange her, daß sich der Drang nach Erforschung der Natur in weiteren Kreisen der Kulturmenschheit verbreitet und auch auf solche Gebiete erstreckt hat, die man früher als gefeit vor dem Späherauge und der zergliedernden Wißbegierde des Forschers betrachtet hatte. Wenn Martin Luther unter Berufung auf die Autorität der Bibel den Versuch des Kopernikus, das Weltsystem nach neuen Gesetzen zu erklären, mit der kurz angebundenen Bemerkung abthun zu können glaubte: „Der Narr will die ganze Kunst Astronomiae umkehren, aber die Heilige Schrift lehrt uns, daß Josua die Sonne stillstehen hieß und nicht die Erde;" so hat noch zwei Jahrhunderte später der gelehrte Berner Albrecht von Haller, den man häufig als den Vater der Physiologie bezeichnet hat, durch sein geflügeltes Wort:

„Ins Innre der Natur dringt kein erschaffner Geist
Glückselig, wem sie nur die äußre Schale weist!"

deutlich gezeigt, wie eng noch die gelehrte Welt seiner Zeit die Grenzen des Naturerkennens gesteckt glaubte.

Erst um die Mitte unseres Jahrhunderts haben die Naturwissenschaften einen Aufschwung von entscheidender Bedeutung genommen, indem sie sich des Bannes entledigten, der ihnen bis dahin dadurch auferlegt war, daß man sie unter die Herrschaft von kirchlichen Dogmen stellte. Diese Verquickung von Wissenschaft und Glauben konnte zwar die Forschung nicht hindern, ihre Wege zu gehen, wohl aber versperrte sie der von ihr gewonnenen Erkenntnis den Weg zur großen Oeffentlichkeit, und an den Pflanzstätten der Wissenschaft war für die Verbreitung dieser Erkenntnis kein Raum. Besonders die niederen Schulen standen bis dahin und stehen heute noch an vielen Orten unter dem Einflusse jener Anschauungsweise, die dem Glaubensdogma die Herrschaft über die Wissenschaft einräumt und

dadurch dem allgemeinen Vordringen der aus den geistigen Fortschritten und den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung von Jahrhunderten gewonnenen Anschauungen einen künstlichen Damm entgegenstellt.

Dieser Damm ist jetzt durchbrochen. Der Drang nach Wissen und Aufklärung hat sich freie Bahn gemacht, Lehren und Lernen sind nicht mehr an die Schulstube gebunden, die breitesten Schichten des Volkes nehmen regen Anteil an den Fortschritten der Wissenschaft, und die Freude an der Natur giebt sich in hervorragendem Maße in der Freude am Naturstudium und in dem eifrigen Streben nach Erkenntnis der wahren Ursachen der Vorgänge und Erscheinungen im Naturleben kund.

Das vorliegende Werk hat den Zweck, diesem Streben entgegenzukommen. Es nennt sich „Entwickelungsgeschichte der Natur" und kennzeichnet damit zugleich den Standpunkt, der für eine dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechende Naturerkenntnis als der einzig richtige bezeichnet werden muß. Die Naturgeschichte älteren Stiles befaßt sich nur mit den vorhandenen Naturgegenständen, die sie als „Geschöpfe", d. h. als Werke höherer, mit schöpferischer Kraft ausgestatteter Mächte, betrachtet, deren Entstehung durch einen „Schöpfungsakt" hervorgerufen worden ist. Die moderne Naturanschauung dagegen erblickt in allem in der Natur Vorhandenen nur das Ergebnis von Entwickelungsvorgängen, die in ihrer Gesamtheit einem Baume mit zahllosen Aesten und gemeinsamer Wurzel vergleichbar sind. Sowohl in zeitlicher Aufeinanderfolge in einer und derselben Entwickelungsreihe, als auch in zeitlich neben einander laufenden Entwickelungsgängen findet nach dieser Anschauungsweise jedes Naturwesen seinen Platz und die Stellung, die ihm in dem großen, einheitlichen Entwickelungsplane des Weltalls zukommt.

Die Grundlinien dieses Planes darzustellen ist die Aufgabe, die sich der Verfasser des vorliegenden Werkes gestellt hat. Die Darstellung geht naturgemäß von den kosmischen Elementen aus, in denen wir die Uranfänge alles Werdens zu erblicken haben, und wendet sich dann den verschiedenen Entwickelungsphasen der Himmelskörper zu, deren mannigfachste Ausgestaltung wir in unserem Sonnensystem kennen zu lernen Gelegenheit findet. In der Entwickelungsgeschichte unseres eigenen Planeten und seiner nächsten Nachbarn gipfelt unsere Kenntnis der kosmischen Verhältnisse, und es schließt sich an die Darstellung derselben die Entwickelungsgeschichte des organischen Lebens an, die, durch Zeiträume von Millionen von Jahren fortschreitend, in dem Auftreten des Menschen ihren Abschluß findet. Zur Einführung in die Entwickelungsgeschichte der Natur ist deren eigene Entwickelungsgeschichte in einem besonderen Abschnitte dem Werke vorangestellt.

Da dieses Buch eine Entwickelungsgeschichte der Natur bieten soll, so ist bei Benutzung der Quellen selbstverständlich auf diejenigen wissenschaftlichen Autoritäten besonders Rücksicht genommen, die sich um den Auf- und Ausbau der Entwickelungslehre in gemeinverständlicher Weise besonders verdient gemacht haben. Doch soll dem Leser nicht verhüllt werden, daß diese Lehre — nach Maßgabe des heutigen Standes der wissenschaftlichen Naturerkenntnis — in ihren Grundzügen zwar feststeht, als systematisches Lehrgebäude aber noch mancherlei Wissenslücken aufweist, die zunächst nur durch Hypothesen ausgefüllt werden können. Dies gilt namentlich mit Bezug auf die Entwickelungsgeschichte der organischen Welt, und hier erschien es zweckdienlich und im Interesse wahrer Aufklärung notwendig, an entsprechendem Orte auch abweichenden Ansichten Gehör zu verschaffen.



Erstes Kapitel.

Das menschliche Erkenntnisvermögen.

Die Erkenntnis und Beurteilung irgend eines Gegenstandes oder einer Erscheinung ist abhängig von dem größeren oder geringeren Maße der hierzu zu Gebote stehenden Mittel. Die unmittelbare Erkenntnis geschieht vermittelst der sinnlichen Wahrnehmung, die Beurteilung vermittelst der Erfahrung und des Denkvermögens. Das Maß der sinnlichen Wahrnehmung wird bestimmt durch die Zahl und Güte der dieselbe vermittelnden Sinneswerkzeuge, die Urteilsfähigkeit durch die Summe der eigenen oder der von anderen übernommenen Erfahrungen und durch die höhere oder geringere Ausbildung des Denkvermögens.

Die Sinneswerkzeuge, welche den Verkehr des lebenden und empfindenden Wesens mit der dasselbe umgebenden und von ihm erreichbaren Außenwelt vermitteln, sind sowohl hinsichtlich ihrer Zahl als auch ihrer Beschaffenheit und Leistungsfähigkeit außerordentlich verschieden, stehen aber im Allgemeinen auf einer desto höheren Entwickelungsstufe, je weiter die Entwickelung des betreffenden Wesens selbst vorgeschritten ist. Der Mensch, der in der Lebewelt unseres Planeten auf der höchsten Entwickelungsstufe steht, besitzt zur Aufnahme der äußeren Eindrücke fünf Sinne, und zwar diejenigen des Gefühles (auch Tastsinn genannt), des Geruches, des Geschmackes, des Gehörs und des Gesichtes nebst den entsprechenden Sinneswerkzeugen oder Sinnesorganen. Diese letzteren setzen sich aus den die Empfindungen oder sinnlichen Wahrnehmungen aufnehmenden, an der Körperoberfläche gelegenen eigentlichen Sinnesorganen und den die empfangenen Eindrücke oder Sinnesreize (Wärme, Licht, Schall, Druck u. s. w.) auf das Gehirn übertragenden Sinnesnerven zusammen, durch deren Vermittlung die betreffenden Sinneswahrnehmungen zum Bewußtsein kommen.

Die Leistungsfähigkeit der menschlichen Sinnesorgane übertrifft diejenige der in der Entwickelung uns am nächsten stehenden Lebewesen keineswegs, sondern ist vielmehr vielfach geringwertiger. So ist beispielsweise das Auge mancher Raubvögel dem menschlichen an Sehschärfe, der Geruchssinn des Hundes dem des Menschen an Leistungsfähigkeit überlegen.

Aber auch bei vollkommenster Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane bleibt deren Wirkungskreis ein eng beschränkter. Die beiden vornehmsten Sinne, Gesicht und Gehör, beherrschen nur ein verhältnismäßig winziges Feld unserer Umgebung vollständig, und nur durch eigene Ortsveränderung vermögen wir dieses Feld zu erweitern. Aber auch für diese Erweiterung sind uns enge Grenzen gezogen, denn der Planet, den wir bewohnen und an den wir gebannt sind, ist nur ein Stäubchen im Weltenraume, und dieser bleibt ewig stumm für unser Ohr. Wohl schweift das Auge auch weit über die irdischen Grenzen in das unermeßliche Weltall hinaus und überschaut mit einem Blicke Millionen von Himmelskörpern, deren Licht, obgleich es in jeder Sekunde 40000 Meilen durchfliegt, Jahrtausende, ja Jahrmillionen braucht, um aus seiner Weltferne zu uns zu gelangen. Allein die Wahrnehmung, deren das Menschenauge angesichts solcher Entfernungen fähig ist, schrumpft der Wirklichkeit gegenüber in Nichts zusammen. Wir sehen einen bleich schimmernden, zerrissenen Streifen über das nächtliche Himmelsgewölbe gezogen, und unser Auge vermag uns nicht die wahre Natur dieser Erscheinung zu enthüllen, vermag den Schimmer nicht aufzulösen in die Millionen von Weltkörpern, aus denen derselbe zusammengesetzt ist, und von denen jeder einzelne Größenverhältnisse aufweist, von denen wir uns gar keinen Begriff zu bilden vermögen. Und selbst die unserem heimischen Himmelsraume am nächsten gelegenen Weltkörper erscheinen uns — von einigen unseres eigenen Sonnensystems abgesehen — nur als winzige Lichtpunkte von größerer oder geringerer Helligkeit.

Erweist sich hiernach der Wirkungskreis unserer Sinnesorgane als ein unsäglich beschränkter, so sind demselben auch noch in anderer Beziehung enge Grenzen gezogen. Wir wollen von den niederen Sinnen, die ihre Eindrücke nur bei unmittelbarer Berührung empfangen, gar nicht sprechen, sondern nur die höheren, Gehör und Gesicht, ins Auge fassen. So weit die wissenschaftliche Erkenntnis zur Zeit reicht, beruhen alle Licht- und Schallerscheinungen, für die unsere Sinnesorgane empfänglich sind, auf Schwingungen von bestimmter Anzahl; für Schwingungen, die unter dieser Zahlengrenze bleiben, sind Ohr und Auge ebenso unempfindlich, wie für solche, die die höchste dieser Schwingungszahlen überschreiten. Ob es Erscheinungen und Vorgänge auf der Erde oder im Weltall überhaupt giebt, die außerhalb des Wahrnehmungsvermögens unserer fünf Sinne liegen, können wir nicht wissen, allein die Annahme ist darum keineswegs widersinnig, daß, wenn wir einen sechsten Sinn besäßen, eine ganze Welt neuer Wahrnehmungen sich uns erschließen würde, von der wir jetzt auch nicht die leiseste Ahnung haben.

Verweilen wir indessen zunächst bei der Betrachtung derjenigen Mittel, auf die unser Erkenntnisvermögen thatsächlich angewiesen ist. Wie bereits gesagt, empfangen unsere wichtigsten Sinnesorgane ihre Eindrücke von der Außenwelt durch Schwingungen, die sich, sofern das betreffende Sinnesorgan überhaupt für sie empfänglich ist, innerhalb desselben in Sinnesreize umwandelt, deren Wirkung sich dann unserem Bewußtsein als Farbe, Ton oder Geräusch kundgeben. Jeder Farbe und jedem Ton entspricht eine gewisse Schwingungszahl, doch kommen uns auch Farben wie Töne vielfach in den mannigfachsten Mischungen als das Gesamtergebnis verschiedener gleichzeitiger Schwingungen, die einen gemeinschaftlichen Reiz auf unsere Sinnesorgane ausüben, zum Bewußtsein. Etwas anderes als Farben empfindet das Auge, als Sinnesorgan für sich wirkend, nicht; die Erscheinung von Formen geht nur mittelbar aus dem Nebeneinander verschiedenfarbiger Flächen hervor, die sich in ihren Umrissen um so schärfer von einander abheben, je greller der Unterschied ihrer Farben ist. Licht und Schatten ist nichts anderes als die Verschiedenheit der Farbwirkungen stärker oder schwächer beleuchteter Flächen oder der Teile von solchen; da, wo plötzlich gänzlicher Lichtmangel auf einer sonst beleuchteten Fläche eintritt, entstehen Schlagschatten mit scharfen Umrissen, wogegen bei allmählicher Abstufung der Lichtstärke die Farben in einander verschwimmen. Das körperliche oder plastische Sehen ist keine selbständige Leistung des Auges, in welchem sich das empfangene Bild immer nur als Flachbild darstellt. Wir können uns die anschaulichste Vorstellung von dieser Art des Sehens machen, wenn wir durch das geschlossene Fenster das Bild der äußeren Umgebung betrachten; dieses Bild

erscheint thatsächlich so, als wäre es auf die Fläche der Fensterscheibe gemalt. Wenn wir trotzdem sofort erkennen, daß einzelne von den wahrgenommenen Gegenständen weiter als andere von unserem Beobachtungspunkte entfernt sind, daß von zwei Mauern eines Nebengebäudes die eine in einem anderen Winkel zu unserer Gesichtslinie steht als die andere, daß ein Gegenstand rund, der andere eckig ist, daß ein in der Nähe stehendes Kind viel kleiner ist als ein in einiger Entfernung vorbeigehender Mann, obgleich jenes thatsächlich ein größeres Bild im Auge hervorbringt als dieser, so ist es doch nicht das Auge als solches, das alle diese Wahrnehmungen macht, sondern es kommt ihm dabei die Erfahrung zu Hilfe, die uns durch wiederholte Wahrnehmungen gelehrt hat, alle diese Verhältnisse richtig zu beurteilen. Das Kind, dem es an solchen Erfahrungen noch mangelt, glaubt mit seinen Händchen den Mond ebenso leicht erreichen zu können wie ein in seiner nächsten Nähe befindliches glänzendes Spielzeug. Die Körperlichkeit der Dinge könnte uns aber auch die Erfahrung nicht kennen lehren, wenn wir nicht den Tastsinn besäßen, der uns mit der dritten Dimension der Gegenstände, die sich auf der Netzhaut des Auges nur in den zwei Dimensionen der Höhe und Breite abbilden, bekannt machen würde. Diese dritte Dimension ist diejenige der Tiefe. Durch sie unterscheidet sich der Körper von der Fläche, die nur die beiden erstgenannten Dimensionen besitzt; da, wie gesagt, das Auge sie nicht darzustellen vermag, so muß ihre Erkenntnis durch den Tastsinn vermittelt werden, der uns mit den Erhabenheiten und Vertiefungen der Gegenstände und mit ihrer Lage und Ausdehnung nach derjenigen Richtung hin vertraut macht, die nicht in der gleichen Ebene mit der Netzhaut liegt.

Auch das Gehör bedarf der Unterstützung durch die Erfahrung, ohne die wir nicht zu beurteilen vermöchten, ob ein Ton oder Geräusch aus größerer oder geringerer Entfernung in unser Ohr dringt, und aus welcher Richtung der Schall kommt. Jede Schallempfindung wird in unserem Ohr dadurch hervorgerufen, daß die Luft durch die Erschütterung, die den Schall verursacht, in Schwingungen versetzt wird, die sich dann durch Vermittlung des Trommelfelles und der inneren Gehörorgane auf die Endapparate der Gehörnerven übertragen und in diesen jenen Sinnesreiz bewirken, der uns als Ton oder Geräusch zum Bewußtsein kommt.

Als Ton bezeichnen wir solche Gehörseindrücke, die durch regelmäßige Schallwellen hervorgerufen werden, wogegen wir als Geräusch diejenigen empfinden, deren Ursprung unregelmäßige Bewegungen oder Erschütterungen sind. Durch die Zahl der Schwingungen wird die Höhe des Tones, durch die Weite der Schwingungen, d. h. das größere oder geringere Maß der infolge der durchgehenden Schallwelle abwechselnden Verdichtung und Verdünnung des schwingenden Mediums (d. h. des die Fortpflanzung der Schallwellen vermittelnden Stoffes, in den meisten Fällen also der Luft) die Stärke desselben bestimmt. Den Grundton, d. h. denjenigen, der aus dem unser Ohr treffenden tönenden Klange am stärksten hervortritt, begleiten stets sogenannte „Obertöne“ in größerer oder geringerer Anzahl, und diese sind es, die dem Ton seinen eigentümlichen Charakter, die sogenannte „Klangfarbe“, verleihen. Die Feststellung dieser Klangfarbe ist Sache der wissenschaftlichen Forschung; ihr Erkennen (also beispielsweise der Schluß aus der Klangfarbe eines Tones auf die Art des Instrumentes, das ihn hervorgebracht hat) Sache der Erfahrung, ebenso die Beurteilung der Richtung, aus welcher der Schall kommt, sofern dieser nicht eines der beiden Ohren kräftiger als das andere trifft. Wenn wir im Finstern eines unserer Ohren verstopfen, so sind wir nicht im stande, die Richtung anzugeben, aus der der Schall kommt; wir bedürfen also hierzu der Hilfe des Sehorganes. Da mit der Entfernung des tönenden Gegenstandes von unserem Ohr die Schwingungen des Mediums bei gleichbleibender Schwingungszahl immer kürzer werden, so wird auch der Ton immer schwächer, je weiter der tönende Gegenstand entfernt ist; aber ein in unserer nächsten Nähe nur leise angeschlagener Ton wird den gleichen Eindruck auf das Ohr hervorbringen, wie der aus der Entfernung erklingende, ursprünglich starke Ton. Nur die Erfahrung unter Zuhilfenahme des Gesichtes kann hier zu einem richtigen Urteil führen.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß die Leistungsfähigkeit unserer Sinnesorgane als Vermittler zwischen den Vorgängen in der Außenwelt und unserem Bewußtsein eine sehr beschränkte ist und daß es nicht nur des Zusammenwirkens derselben, sondern vor allem der Erfahrung bedarf, um Ursprung und Bedeutung unserer Wahrnehmungen richtig zu beurteilen. In seinem ursprünglichen Zustande faßt das menschliche Erkenntnisvermögen nur einzelne Gegenstände oder Vorgänge, und zwar ohne jede Unterscheidung ihrer besonderen Merkmale, als ein gegebenes Ganzes auf. Es bildet sich eine Vorstellung davon, deren Festhaltung im Gedächtnis oder Zurückrufung in die Erinnerung schon einer höheren Entwickelungsstufe des Erkenntnisvermögens angehört. Es bedarf jetzt nicht mehr der unmittelbaren Wahrnehmung, um jene Vorstellung wachzurufen, sondern die Einbildungskraft bewirkt dieselbe auch ohne äußere Veranlassung. Mit der Zeit wird der Vorstellungskreis, den wir durch Wahrnehmung und Einbildungskraft gewinnen, immer größer und reichhaltiger, und das Bedürfnis, die einzelnen Vorstellungen durch Unterscheidung ihrer Merkmale und durch Erkenntnis ihrer Beziehungen zu einander klarer und bestimmter festzulegen, wird immer lebhafter. Dazu tritt das weitere Bedürfnis, diese Vorstellungen auch anderen mitzuteilen, und dazu ist es nötig, denselben Bezeichnungen zu geben, die auch für andere verständlich sind. Zu diesem Zwecke bedient sich der Mensch der Sprache, die ihm in ihrem Wörterschatze das vollkommenste Mittel zur Bezeichnung und Mitteilung seiner Vorstellungen giebt. Das kindliche Gedächtnis nimmt auch diese Bezeichnungen begierig auf, indem es sie zunächst dem eigenen Verständnis einprägt und allmählich wiedergeben, d. h. sprechen lernt. Damit sind die Grundlagen der eigentlichen Denkarbeit gegeben; in erster Linie jene der Begriffsbildung, die von den **konkreten**, d. h. den in der Summe ihrer Merkmale vollständig festgelegten Begriffen, bei höherer Entwickelung des Denkvermögens zu den **abstrakten**, d. h. denjenigen Begriffen übergeht, die von der Summe der Merkmale eines Vorstellungsobjektes die unwesentlichen abzieht (von ihnen „abstrahiert"), die wesentlichen dagegen hervorhebt und zum Gegenstande weiterer Denkarbeit, der Vergleichung, Unterscheidung und Verbindung macht. Auf dieser Entwickelungsstufe des Erkenntnisvermögens sind die Vorstellungen nicht mehr abhängig von unmittelbaren Sinneswahrnehmungen, sondern entwickeln sich von innen heraus zu Gedankenreihen, die, stets bereichert durch neue Wahrnehmungen, Begriffsbildungen und Erfahrungen, immer vielgestaltiger und umfassender werden. Die Abstraktion ist das Mittel, Einzelbegriffe auf Grund ihrer gemeinsamen Merkmale zu Gattungsbegriffen zu erweitern, oder sie in Artbegriffen zu vereinigen, die solchen Gattungsbegriffen untergeordnet sind. Durch die vergleichende Gegenüberstellung verschiedener Vorstellungen oder Begriffe lernen wir allmählich deren gegenseitige Beziehungen erkennen und **Urteile** bilden, aus denen wir die entsprechenden **Schlüsse** ableiten.

Dies ist in groben Zügen der Grundriß des Denkgebäudes, dessen Ausgestaltung desto umfangreicher und mannigfaltiger werden wird, je reicher der Einzelne an Wahrnehmungs- und Erfahrungsmaterial und je höher sein Denkvermögen entwickelt ist. Selbstverständlich zählt zum Erfahrungsmaterial neben dem persönlich, d. h. unmittelbar Erfahrenen auch der ganze Erfahrungsschatz, den Andere vor und neben uns gesammelt und durch Sprache und Schrift uns zugänglich gemacht haben. Die auf solch mittelbare Weise gewonnene Erfahrung bezeichnen wir als **Bildung** und gewinnen sie teils durch die Schule, teils durch eigene Weiterbildung. Es ist einleuchtend, daß die Erfahrungsschätze, die seit Jahrtausenden in den verschiedensten Gegenden der Erde aufgesammelt und aufgezeichnet worden sind, eine so ungeheure Summe von geistigen Reichtümern in sich schließen, daß das, was der Einzelne an persönlicher Erfahrung und daraus gewonnener Erkenntnis in der kurzen Frist eines Menschenalters gewinnen kann, völlig dagegen verschwindet, und wäre es selbst der gewaltigste Geist, der eifrigste Forscher und der unermüdlichste Sammler, dem diese persönlichen Erfahrungen eigen sind. Auch das, was im Verlaufe eines bestimmten Zeitalters oder von einem einzelnen Volke an Erfahrungsschätzen aufgesammelt worden ist, kann nur als ein kleiner und unzulänglicher Teil des gesamten Erfahrungsschatzes der Menschheit betrachtet werden. Ziehen wir noch engere Kreise und fassen wir beispielsweise den

Erfahrungsschatz einer kulturarmen Zeit, einer ländlichen Bevölkerung oder eines in der Wildnis lebenden Stammes ins Auge, so ist es ganz selbstverständlich, daß das Erkenntnisvermögen des Einzelnen wie der Gesamtheit unter solchen Verhältnissen nur eine geringe Stufe der Entwickelung erreichen kann und daß wir schließlich, dieser Richtung nach unten weiter folgend, auf einer Stufe anlangen werden, auf der alle höhere Geistesthätigkeit ihr Ende erreicht und das Erkenntnisvermögen nicht über den Gesichtskreis des einfachsten Naturlebens und seiner rohen Bedürfnisse hinausreicht. Die Ursache dieses Zustandes ist dieselbe wie im Kindesalter jedes einzelnen Menschen: sie besteht in dem Mangel an Erfahrung, nur mit dem Unterschiede, daß in der Kulturwelt die Möglichkeit ungemessener Erweiterung des Erfahrungskreises auf dem Wege der Bildung geboten ist, wogegen dieser hier seine enge Grenze in den gegebenen Lebensbedingungen findet.

Immerhin besteht aber selbst bei den rohesten Naturvölkern ein Drang nach Erhöhung des Erkenntnisvermögens, der ihre Zugehörigkeit zu der einen großen Menschenfamilie bekundet, in der auch der am weitesten vorgeschrittene Kulturmensch nur einen Platz unter Gleichgestellten beanspruchen kann. Dieser Drang offenbart sich in dem Bestreben, die letzte Ursache aller Dinge zu erkennen und zu erklären. Aus diesem Drange hat sich eine Denkrichtung entwickelt, die wir zu allen Zeiten und bei allen Völkern wiederfinden. Wir werden sie im nächsten Kapitel näher ins Auge fassen.

Zweites Kapitel.

Das Uebernatürliche.

Es unterliegt gar keinem Zweifel, daß alle diejenigen Lebewesen, die zu willkürlicher Ortsveränderung behufs Aufsuchung von Nahrung und Obdach befähigt sind, ein gewisses Erkenntnisvermögen besitzen müssen, um von dieser Fähigkeit entsprechenden Gebrauch machen zu können. Auch das tierische Erkenntnisvermögen vervollkommnet sich durch Erfahrung bis zu einem gewissen Grade, und bei Tieren höherer Ordnung wissen wir, daß diese Vervollkommnung durch eine Art von Erziehung in der ersten Jugendzeit von elterlicher Seite gefördert wird, und daß sie bei zahmen Tieren durch Dressur in hohem Maße gesteigert werden kann. Doch ist das tierische Erkenntnisvermögen immer nur auf unmittelbare Zwecke gerichtet, die, soweit es sich um dessen natürliche Entwickelung im freien Zustande handelt, aufs engste mit den Lebensbedürfnissen des betreffenden Individuums zusammenhängen. Nur in Ausnahmefällen sehen wir gewisse Tierarten — so namentlich diejenigen, die sogenannte Tierstaaten bilden — Vorsorge für die Bedürfnisse einer späteren Zeit treffen, während es in der Regel nur das Bedürfnis des Augenblickes ist, auf das sich Vorstellung und Wille des Tieres richtet.

Beim Menschen liegt die Sache anders. Infolge von Umständen, die wir nur vermuten können und auf die wir in einem späteren Abschnitte zurückkommen werden, hat sich beim Menschen die geistige Veranlagung in höherem Maße entwickelt als die körperliche, so weit die natürlichen Mittel zur Erfüllung der notwendigen Lebensbedingungen, d. i. zur Beschaffung von Nahrung und Obdach und zum Schutze gegen die Unbilden des Klimas und die feindlichen Angriffe von Wettbewerbern im Kampfe ums Dasein in Betracht kommen. Der natürlichen Abwehr- und Angriffsmittel entblößt und genötigt, die Bedeckung des Leibes mit künstlichen Mitteln herzustellen, sah sich der Mensch schon im frühesten Zeitalter seines Auftretens auf der Erde genötigt, für seine Bewaffnung und Bekleidung zu sorgen; unter rauheren Himmelsstrichen, wo ihm der Boden nicht das ganze Jahr hindurch Nahrung

gewährte, mußte er auf die Ansammlung von Vorräten bedacht sein, sich Haustiere halten und schließlich den kargen Boden bebauen, um ihm die zu seiner Ernährung tauglichen Produkte abzunötigen. Seine höhere Intelligenz allein eröffnete ihm die Möglichkeit, auf solche Weise seine Existenz zu sichern und die vorhandenen Lebensbedingungen zu verbessern, ja allmählich die Herrschaft über die Natur zu gewinnen. Durch die äußere Notwendigkeit auf gesteigerte Anspannung seiner Denkkraft hingewiesen, die ihm die fehlenden physischen Mittel zur Behauptung seiner Existenz im Daseinskampfe ersetzen mußte, entwickelte sich seine Befähigung zu kombinierter Denkarbeit immer mehr, und hieraus entstand jener bereits am Schlusse des vorigen Kapitels erwähnte Drang, nach der Ursache aller Wahrnehmungen zu forschen, die das Leben in der Natur mit sich brachte, seine Urteilskraft durch fortwährende Uebung zu verschärfen und aus dem Erfahrenen diejenigen Schlüsse zu ziehen, die ihm Nutzen bringen konnten. Da aber Schlüsse nur aus vorhergegangenen Urteilen, und Urteile nur aus der Gegenüberstellung von Begriffen gewonnen werden können, so müßte folgerichtig jede Urteilsbildung vor dem Unbegreiflichen Halt machen. Der menschliche Erkenntnisdrang sucht aber stets diese Grenze zu überschreiten. Er ringt nach einer Erklärung für das Unbegreifliche in seinen Wahrnehmungen und hat sich dafür einen eigenen Begriff zurecht gelegt. Wo er eine natürliche Erklärung seiner Wahrnehmungen nicht finden kann, bezeichnet er die betreffenden Erscheinungen oder Vorgänge als übernatürliche und legt ihnen demgemäß auch übernatürliche Ursachen zu Grunde.

Diese Denkrichtung finden wir nicht bloß bei den Naturvölkern, sondern sie ist auch in der Kulturwelt außerordentlich verbreitet und es giebt nur verhältnismäßig sehr wenig auserlesene Geister, die sich zu der Erkenntnis aufzuschwingen vermögen, daß das Unbegreifliche keineswegs übernatürlich zu sein braucht, daß im Gegenteile dieser Begriff nur ein ganz haltloser Notbehelf ist, um sich über die Grenze des menschlichen Erkenntnisvermögens auf leichte Art hinwegzutäuschen. Da alle unsere Wahrnehmungen innerhalb der Natur sich vollziehen und uns durch das natürliche Mittel der Sinneswerkzeuge zum Bewußtsein gebracht werden, so ist es ganz selbstverständlich, daß die Voraussetzung des übernatürlichen Ursprunges und Wesens irgend einer Erscheinung, die wir wahrzunehmen vermögen, völlig willkürlich und unberechtigt ist. Ebenso wenig ist die Annahme gerechtfertigt, daß die Ursache solcher Erscheinungen auf das Walten übernatürlicher Kräfte oder Mächte zurückgeführt werden müsse, aus dem einzigen Grunde, weil wir die Natur dieser Kräfte oder Mächte nicht zu erfassen und zu beurteilen im stande sind. Wir haben bereits gesehen, daß wir hinsichtlich der Erkenntnis der Dinge auf beschränkte Mittel und enge Grenzen angewiesen sind, und die Wissenschaft der Gegenwart hat mehrfach Wirkungen von bekannten Naturkräften nachgewiesen, die bis in die neueste Zeit unbekannt geblieben sind. So ist beispielsweise die wärmende und leuchtende Wirkung der Sonnenstrahlen und ihre Zerlegung durch das Prisma in Strahlen von verschiedener Schwingungszahl und Farbe eine längst bekannte Thatsache, während wir erst in neuerer Zeit zur Erkenntnis gekommen sind, daß ein Teil der Sonnenstrahlen für das Auge unsichtbar bleibt, dagegen einerseits Wärme spendet, andererseits chemische Wirkungen hervorbringt und unter anderem auf die lichtempfindliche Platte des Photographen in ähnlicher Weise wirkt wie die für unser Auge sichtbar leuchtenden Sonnenstrahlen. Auch die Durchdringung von Körpern, die bisher als völlig undurchsichtig galten, durch elektrische Lichtstrahlen — die sogenannten Röntgenstrahlen — ist eine Entdeckung der jüngsten Zeit. Hätte man derartige Erscheinungen zufällig wahrgenommen, bevor ihre natürliche Ursache bekannt geworden war, so würde man sie ohne Zweifel für übernatürlich erklärt haben, während man jetzt weiß, daß man sie unter Anwendung der dazu geeigneten Mittel ganz willkürlich auf natürlichem Wege hervorrufen kann.

Die Bezeichnung „übernatürlich“ ist aber nicht der einzige Irrtum, der bei der Beurteilung von Erscheinungen und Vorgängen häufig begangen wird, die wir mit Zuhilfenahme der Erfahrung nicht zu erklären im stande sind. Geleitet von dem Drange, für alles eine Erklärung und Ursache zu finden, ist der Mensch von jeher bestrebt gewesen, auch der Ursache sogenannter übernatürlicher Dinge eine begriffliche Form zu geben. Für

die Wahl dieser Form mußte natürlich die Entwickelungsstufe maßgebend sein, zu der seine Erkenntnis und sein Urteilsvermögen sich je nach der Zeit, der er angehörte, und dem Kulturzustande, in dem er und seine Umgebung sich befand, erhoben hatte. Bei rohen Naturvölkern, für die die physische Kraft über der geistigen steht, gestaltet sich der Begriff der höheren oder übernatürlichen Mächte in ganz anderer Weise als beim kultivierten Menschen, dessen Anschauungskreis durch seine eigene Geistesarbeit ein unendlich weiterer geworden ist, der sich die Herrschaft über die Natur in geringerem oder höherem Maße bereits angeeignet hat und der darum die Ueberlegenheit der geistigen über die physische Macht unbedingt anerkennt. Während der rohe Naturmensch die übernatürlichen Kräfte in Staunen oder Furcht erregenden Götzenbildern zu verkörpern sucht oder diesen die Gestalt von Tieren giebt, denen er besondere Kräfte zuschreibt, bedient sich der bereits zu einer gewissen Kulturstufe vorgerückte Mensch der Abbilder seiner eigenen Art zu diesem Zwecke, die er entweder — je nach seinem höheren oder niedrigeren Kulturstande — mit tierischen Attributen ausstattet, oder durch riesige Gestalt, Schrecken erregende Färbung oder Verzerrung in seinem Sinne wirksamer zu machen oder ihnen durch Idealisierung der rein menschlichen Gestalt ein erhöhtes Relief zu verleihen sucht. Nur dem hoch entwickelten Kulturmenschen ist es möglich, mit der Vorstellung jener übernatürlichen Macht, deren Walten er in der Natur zu erkennen glaubt, einen rein geistigen Begriff zu verbinden; aber auch hier ist immer wieder das Bestreben zu erkennen, dieser geistigen Macht menschliche Eigenschaften zuzuschreiben. Je höher das Erkenntnisvermögen entwickelt ist, desto bestimmter tritt die Vorstellung von einer einheitlichen Macht hervor, unter deren Leitung die Natur das Weltall sowie das Einzelwesen stehen. Bei den alten Kulturvölkern finden wir noch die Vielgötterei, bei den modernen ist an ihre Stelle überall der einheitliche Gottesbegriff als Ausdruck der einheitlichen Weltenlenkung getreten. Dadurch aber, daß dieser Gottesbegriff in einem persönlichen Gotte verkörpert wird, erscheint dieser Begriff von seiner rein geistigen Höhe wieder herabgezogen und es tritt in dieser Anschauungsweise klar der innere Widerspruch hervor, daß dem angeblich übernatürlichen, weltbeherrschenden Prinzipe menschliche, also rein natürliche Eigenschaften zugeschrieben werden.

Sobald der Begriff der Gottheit — in einer oder in vielerlei Gestalten — als des weltbeherrschenden Prinzipes einmal festgestellt war, ging die Spekulation einen Schritt weiter und suchte nun auch noch nach einer Erklärung für das Zustandekommen und die Leitung des Werkes, das als der Ausfluß jenes Prinzipes, als das Ergebnis seiner schöpferischen und herrschenden Gewalt angesehen wurde. Es war dies nur die notwendige Folge von der Vorstellung übernatürlicher Mächte, die die Welt regieren und deren Wille folgerichtig dieselbe hervorgerufen haben muß. Der unersättliche Erkenntnisdrang des Menschen konnte nicht an der bloßen Feststellung des Gottesbegriffes Genüge finden, sondern suchte sich vielmehr in denselben zu vertiefen, den Spuren seines Waltens zu folgen und sich von diesem ebenfalls ein Bild zu machen. So entstanden die verschiedenen Schöpfungssagen, wie sie alle Zeiten und Völker aufzuweisen haben. Wir wollen im folgenden Kapitel eine flüchtige Rundschau über dieselben halten, um daraus zu ersehen, wie Ursprung, Wesen und Ausgestaltung derselben immer und überall aufs engste an den natürlichen Gesichtskreis ihrer Urheber und Anhänger sich anschließen und wie überall das Bestreben hervortritt, das angeblich Uebernatürliche auf ganz natürliche Weise darzustellen.

Drittes Kapitel.

Die Schöpfungssagen.

Als die bildenden Elemente der Schöpfungssagen können bezeichnet werden: die unmittelbare Naturanschauung; die Ueberlieferung durch den Volksmund; die dichterische Einbildungskraft und die Priesterweisheit. Als die rohesten, aber zugleich urwüchsigsten, dem Volksgeiste am nächsten verwandt, sind die beiden erstgenannten Klassen anzusehen. Am feinsten durchgebildet, aber größtenteils jeder tieferen Naturerkenntnis entbehrend und in zügellosester Freiheit auf den Gefilden der Phantasie sich tummelnd sind die aus dichterischer Quelle geschöpften Sagen dieser Art und aufs reiflichste durchdacht und von gründlicher Naturbeobachtung geleitet sind diejenigen Schöpfungssagen, die, in enger Verbindung mit den Formen und leitenden Gedanken des Gottesdienstes stehend, von den Priestern des Altertums, die zugleich die Träger der Wissenschaft ihrer Zeit waren, ersonnen worden sind. Diese gehen vielfach mit den dichterischen Schöpfungssagen Hand in Hand. Wir lassen hier einige Beispiele folgen.

An der Goldküste Afrikas und in den benachbarten Landstrichen herrscht der Glaube, daß der Schöpfer der Welt zu Anbeginn drei weiße und drei schwarze Menschenpaare gebildet und ihnen die Wahl zwischen gut und böse selbst überlassen habe. Zu diesem Zwecke habe er eine große Büchse oder Calebasse und dazu eine verschlossene Urkunde auf die Erde gesetzt und den Schwarzen den Vortritt bei der Wahl gelassen. Diese dachten, in der Büchse alles zu finden, was die Welt an Kostbarkeiten bietet, und sie griffen daher nach dieser, fanden aber darin nur etwas Gold, Eisen und andere Metalle, ohne zu wissen, was sie damit anfangen sollten. Die Weißen aber wählten die Urkunde, die sie in allen Künsten unterwies. Die Gottheit führte sie an das Meeresufer und lehrte sie Schiffe bauen, die sie nach fremden Ländern brachten; die Schwarzen aber zogen in die Wälder und suchten dort ihr Dasein zu fristen, so gut es eben ging. Nach langer Zeit kehrten die Weißen aus der Fremde zurück und brachten kostbare Waren mit, gegen die sie die Schätze der Schwarzen eintauschten, so daß ihnen der ganze Reichtum und die Macht der Welt zufiel, wogegen die Schwarzen ihnen unterthan wurden und nun unter deren Joch sich beugen müssen, während sie, wenn ihre Vorfahren sich nicht durch blinde Habgier zu jener falschen Wahl hätten verleiten lassen, die Herren der Welt hätten werden können. Von der obersten Gottheit ihres Unverstandes wegen verlassen, müssen sie sich jetzt der Obsorge untergeordneter Götter anvertrauen, die sie in Fetischen der seltsamsten Art verehren. Daß die Schöpfungssage ihren Gegenstand nur sehr oberflächlich behandelt und daß sie ihren Ursprung erst in der Zeit gefunden haben kann, da die Europäer sich in jenen Gegenden bereits in den Besitz der Herrschaft gesetzt hatten, liegt auf der Hand.

Die im Nilquellengebiete wohnenden Wanyoro lassen ihre Schöpfungssage mit einer Katastrophe beginnen. Sie nennen ihr höchstes Wesen den „Großen Zauberer“ und lassen ihn die Urmenschen, die sich noch der Unsterblichkeit erfreuten, wegen ihres wachsenden Uebermutes dadurch vernichten, daß er die Himmelskuppel in seinem Zorn in Stücke schlug und auf die Erde niederwarf, wo ihre Trümmer alles zerschmetterten. In diese Wüstenei setzte der große Zauberer dann ein neues Menschenpaar, das gleich den übrigen Tieren geschwänzt war. Demselben entsprossen in der zweiten Generation das Chamäleon und ein Riese. Diesen quälte das boshafte Chamäleon und der große Zauberer nahm deshalb den Riesen zu sich in den Himmel, wo er noch heute als Mond sichtbar ist. Als Merkmal seiner irdischen Abstammung muß er zeitweilig absterben, indem er abnimmt und als Neumond gänzlich verschwindet. Die Sonne, die in ihm einen Nebenbuhler erblickte und ihm seinen Glanz neidete, brannte ihm Flecken ins Gesicht, die ebenfalls noch sichtbar sind. Für die weitere Fortpflanzung des neuen Menschengeschlechtes hatte nunmehr das Chamäleon zu sorgen, dessen Nachkommen sich allmählich über die Erde verbreiteten, wobei sie der Schwänze verlustig gingen und im Sonnenbrande schwarz wurden.

Gründlicher geht auf den Schöpfungsgedanken die Sage der Marschallinsulaner ein, wie sie sich auch noch in der Gegenwart bei den älteren Eingeborenen erhalten hat, obgleich das Christentum den Anspruch erhebt, auf jenen Inseln die herrschende Religion zu sein. Nach der Ansicht dieser Inselbewohner waren die ersten irdischen Lebewesen zwei Würmer. Das eine dieser Urwesen war männlichen Geschlechts und wird Ullip genannt; das andere, weibliche, führt den Namen Ledschman. In einem Gehäuse aus unbekanntem Stoffe entwickelten sich die beiden zu menschlich göttlicher Gestalt, und ihrem Wachstum Schritt für Schritt folgend, dehnte sich auch das Gehäuse immer mehr aus. Bald war das Machtbewußtsein Ullips als des künftigen Herrn der Schöpfung so hoch entwickelt, daß er beschloß, eine große Welt für sich zu bauen. Zu diesem Zwecke weitete er das Gewölbe seines Gehäuses immer mehr aus, und als er es mit den Händen nicht mehr erreichen konnte, machte er sich einen langen Stab zurecht, mit dessen Hilfe er an seinem Werke weiter arbeitete, bis es die Höhe des Himmels und die Weite des Oceans erreicht hatte. Um seine Welt nun auch zu bevölkern, ließ er aus seiner Stirn zwei Söhne hervorgehen: Löudsch, den „Herrn des inneren Landes", und Laneedsch, den „zur Höhe Strebenden". Diese beiden schickte Ullip zum Himmel hinauf, um dort die Gestirne anzubringen und auf diesen ihren Wohnsitz aufzuschlagen. Das weibliche Urwesen, Ledschman, brachte seinerseits zwei weibliche Sprößlinge hervor, von denen die ältere Lino, die „Herrin der Wellen", die jüngere Ni, d. h. „Kokospalme", hieß. Von der Mutter verstoßen, irrte Ni in der weiten Welt herum, bis sie endlich auf einer jener Inseln (die Sage bezeichnet die Neujahrsinsel als solche) bleibende Stätte fand. Ullip sorgte, nachdem er den festen Untergrund seiner neuen Welt geschaffen hatte, für die weitere Vermehrung seiner Nachkommenschaft, indem er sich am Knie eine Schnittwunde beibrachte und das Blut in einem Gefäß auffing. Es entstanden daraus zwei weitere Söhne: Etao, der „Eigennützige", und Dschemelud, der „Regenbogen". Die beiden wurden von ihrem Vater auf die Eroberung bereits bewohnten Landes ausgesandt. Etao nahm zu diesem Zwecke die Gestalt einer Schildkröte, Dschemelud diejenige eines Schwertfisches an und beide stürzten sich ins Meer, um bewohnte Inseln aufzusuchen. Nachdem sie eine solche entdeckt hatten, ging der verschmitzte Etao ans Land und sonnte sich dort; sein Bruder aber verbarg sich unter seinem breiten Schilde und hielt sich zum Angriffe bereit. Bald eilten die Bewohner des Landes herbei, um sich der Schildkröte zu bemächtigen; sobald sie aber vollzählig versammelt waren und der Schildkröte in die seichten Gewässer des Strandes folgten, um sie einzufangen, schoß der Schwertfisch aus seinem Verstecke hervor und spießte die ganze Bevölkerung der Insel mit einem einzigen Stoße auf. In gleicher Weise verfuhren die beiden Brüder auch auf den anderen Inseln und machten sich so zu Herren derselben. Da aber die leichte Eroberung ihren Uebermut weckte, so verfielen sie schließlich auf den Gedanken, sich auch des himmlischen Reiches ihrer beiden älteren Brüder zu bemächtigen. Der kleine Strandläufer Kuleedsch, der Lieblingsvogel der Lino, war unbemerkt Zeuge der Verschwörung geworden und flog sofort zum Himmel empor, um Löudsch, der dort die Rolle des eigentlichen Herrschers spielte, während Laneedsch die untergeordnete Stellung eines Regierungsgehilfen einnahm, von dem feindseligen Plane der Brüder zu unterrichten. Löudsch zeigte sich versöhnlich und trat mit Etao in Unterhandlungen ein. Es kam indes nur zu einem scheinbaren Frieden. Löudsch, der in Etao den eigentlichen Urheber des gegen ihn gerichteten Anschlages erblickte, brachte dessen kleinen Sohn Lagaelik in seine Gewalt und nötigte ihn zu allerlei gefährlichen Unternehmungen, in der Hoffnung, daß er dabei seinen Untergang finden werde. So ließ er sich von Lagaelik eine Nuß aus dem Wipfel einer Kokospalme von unendlicher Höhe herabholen und rief, als der Junge etwa bis zur Hälfte des Baumes emporgeklettert war, den (in jenen Meeren vorherrschenden) Ostwind herbei, der die Palme aus vollen Kräften schütteln mußte, so daß sie sich beinahe bis an den Boden beugte. Dem beherzten Sprößling des eigennützigen Etao gelang es aber, sich in seiner gefährlichen Lage zu behaupten und den Ostwind durch dreiste Drohungen zum Schweigen zu bringen. Vergeblich wandte sich Löudsch an den Westwind, um mit seiner Hilfe seinen Racheplan auszuführen; Lagaelik

erreichte glücklich den Wipfel des Baumes und überbrachte die Nuß dem Himmelsgotte. Sofort übertrug dieser dem Knaben eine andere Arbeit; er sollte aus den Fasern der Umhüllung der Kokosnuß einen Faden von der Feinheit eines Spinnenfadens spinnen. Löudsch meinte, daß sein Gefangener niemals im stande sein werde, diese Arbeit zu vollenden; ehe er sich aber dessen versah, hatte Lagaelik den Faden fertig gebracht, ihn am Himmelsgewölbe befestigt und sich daran zur Erde niedergelassen, um zu seinem Vater Etao zurückzukehren. Inzwischen hatte Etao die Neujahrsinsel zu seinem Wohnsitze eingerichtet. Kabadsch — so nennen die Bewohner jenes Inselreiches einen reiherartigen Vogel — hatte den Gott bei seiner Arbeit belauscht und sich dessen Zorn dadurch zugezogen. Etao ergriff einen großen Stein und schleuderte ihn nach dem Vogel, doch flog er über diesen hinweg und fiel weit im Norden ins Meer. Auf diese Weise entstand die Insel Bygar, die nördlichste des Marschallarchipels. Doch entging Kabadsch der Rache des Gottes nicht; dieser verfolgte ihn und tötete ihn zwischen zwei Eisenholzbüschen, die nach dem Glauben der Eingeborenen noch heute auf der Neujahrsinsel vorhanden sind. Der Durchgang zwischen denselben, den der Vogel auf seiner Flucht zu gewinnen gesucht hatte, heißt noch jetzt „Jal-An-Kabadsch", d. h. der Weg des Kabadsch.

Die Dürftigkeit der Lebensbedingungen, die dem Menschen auf jenen Inseln von der Natur geboten sind, scheint auch von dem Gotte an seinem von ihm selbst geschaffenen Herrschersitze, der Neujahrsinsel, unangenehm empfunden worden zu sein. Wie die Schöpfungssage des dortigen Inselvolkes erzählt, mühte sich Etao lange Zeit vergeblich ab, den sohlenartigen Fisch Bali, dessen er zu seiner Nahrung bedurfte, an die Angel zu bekommen. Endlich fand er ihn eines Tages zur Zeit der Ebbe an dem von den Fluten verlassenen Strande vor. Hilflos zappelte der Bali auf dem trockenen Riff und Etao, der ihm wegen seines hartnäckigen Widerstandes schon lange zürnte, eilte herbei und strafte ihn mit wütenden Fußtritten, durch die der Fisch seine plattgedrückte Gestalt erhielt. Auch den angelförmigen Knochen, der sich im Kopfe des Bali findet, soll ihm Etao in seinem Zorne zur Strafe für seine Abneigung gegen die Angel appliciert haben; seither ist der Bali ein schwerfälliger Geselle, der ohne weiteres auf die Angel anbeißt. Aehnliches erzählt die Sage von dem fliegenden Fische Dschodscho, der ursprünglich gewaltige Fittiche besaß und deshalb schwer zu fangen war. Sah er sich auf der einen Seite der Insel verfolgt, so flog er einfach über diese hinweg nach der anderen Seite, und jeder Versuch, ihm quer über Land nachzueilen, blieb bei der Flinkheit des Verfolgten vergeblich. Nachdem es dem Gotte endlich doch gelungen war, des Dschodscho habhaft zu werden, stutzte er ihm sofort die Flügel und legte ihm, um sein Kopfende zu beschweren und seinen Flug durch die Luft dadurch abzukürzen, zwei harte Steinchen in den Schädel.

Auf solche Weise übte Etao die Herrschaft über die von ihm geschaffene Welt. Allmählich wuchs aber die Menschheit mehr und mehr heran und in gleichem Maße schritt auch die Welt der Götter zu einer höheren Entwickelungsstufe empor. Es entstanden eine Anzahl von Gottheiten, die unter dem gemeinschaftlichen Namen „Egedschab" („Halbgötterschaft", Gedschab s. v. w. Zwischending) zusammengefaßt werden. Die Zahl dieser Halbgötter war ursprünglich ziemlich groß, hat sich aber mit der Zeit sehr vermindert und gegenwärtig spielen nur noch wenige derselben im Volksglauben und den religiösen Gebräuchen der Insulaner eine bedeutendere Rolle. Von den alten Gottheiten wird nur noch die Meeresgöttin Lino allgemein verehrt, und ihr Vorrang den Halbgöttern gegenüber kennzeichnet sich dadurch, daß mit dem Begriffe dieser Gottheit eine von sinnlich wahrnehmbaren Gegenständen unabhängige Vorstellung verbunden ist, während die Halbgötter durchwegs an solche Gegenstände (wie Bäume und Steine) gebunden sind. Als angesehenste Halbgötter sind Lobuio, eine Art Schutzpatron der Ernte, der in einem unserer Weißbuche ähnlichen Baume verkörpert ist, dann die in dem Laubbaume „Ninn" verkörperte Libebit als Schutzherrin des Bonitofanges*), und endlich Lugololl zu nennen, der als Gottheit der Fruchtbarkeit an-

*) Der „Bonito" ist eine dem Thunfisch ähnliche Makrelenart, die zu den Hauptnahrungsmitteln der Bewohner der mikronesischen Inselwelt zählt.

gesehen wird. Die eingeborenen Weiber, die Kindersegen herbeiwünschen, pilgern zu dem am Strande der kleinen Lagune der Neujahrsinsel stehenden Wuttbaume*), in welchem dieser Halbgott verkörpert ist, verzehren dort eine der haselnußähnlichen bitteren Früchte des genannten Baumes und treten dann, ohne hinter sich zu blicken, wieder den Rückweg an. Ein im Ufersande gebetteter Stein wird auf derselben Insel als Verkörperung des Fischergottes Ladschemenar verehrt, und wenn sein Haupt zeitweise aus dem Sande hervorlugt, so verspricht man sich davon ein fischreiches Jahr.

Wir haben die Götter- und Schöpfungssagen der Marschallinsulaner ausführlicher behandelt, um daran zu zeigen, wie das Uebernatürliche in dieselbe mit greifbarer Absichtlichkeit hineingetragen ist, um der Sage damit ein erhöhtes Relief zu geben, während der Kern derselben den Geist einfachster Naturanschauung atmet. Die Entwickelung der Urgottheiten aus Lebewesen niedrigster Art stimmt wohl nur ganz zufällig mit der modernen wissenschaftlichen Anschauung der Entwickelung allen Lebens zusammen, läßt aber immerhin darauf schließen, daß diese Anschauung ihren Ursprung in einem wenn auch nur entfernt verwandten Gedankengange hat. Der Schöpfungsgedanke stellt sich hier offenbar als ein Entwickelungsgedanke dar; die Verteilung der Rollen in der Weise, daß die Begriffe der Herrschaft und Eroberung als Sprossen des männlichen, jene des fruchttragenden Bodens (welchem in jenem Erdteile das Meer mit seinem Fischreichtum als ein wichtiger Bestandteil beizuzählen ist) als solche des weiblichen Urwesens hingestellt werden, entspricht einer aus der Erfahrung hergeleiteten, ganz natürlichen Anschauungsweise. Interessant ist jedenfalls der Gedanke der mit der Entwickelung der Menschheit gleichmäßig fortschreitenden Entwickelung der Gottheiten, eine Entwickelung, die allerdings insofern eine rückläufige ist, als die Urgötter als selbstherrliche und nur für sich sorgende Beherrscher der Welt hingestellt werden, während die „Egedschab“ nur noch als um der Menschheit willen vorhanden gedacht wird. Beiläufig sei bemerkt, daß der Etao der Marschallinsulaner als vornehmste Gottheit unter dem gleichen oder ähnlichen Namen auch auf anderen Inseln Oceaniens als die mächtigste Gottheit verehrt wird, so namentlich auf Neuseeland, den Gesellschaftsinseln und anderen, wobei indes der Begriff der Obergottheit mitunter in eine Vielzahl aufgelöst erscheint. Am höchsten ausgebildet erscheint der Götterbegriff der Insulaner der Karolinengruppe, der in einem unsichtbaren höchsten Wesen von verschiedener Benennung gipfelt; doch scheint dieses für jede Insel ein anderes zu sein, und nebenbei besteht auch noch Polytheismus (Vielgötterei) mitunter auf derselben Insel, deren Bevölkerung zum anderen Teil dem geläuterten Gottesbegriffe anhängt.

Während sich die Schöpfungssagen der Marschallinsulaner (die aber bei der Zerrissenheit jener Inselwelt und des so ziemlich selbständig sich abspielenden Lebens auf jeder einzelnen derselben keineswegs gleichmäßig für alle Teile des Archipels gilt) in ihrer schlichten Ursprünglichkeit darstellen, wie sie von den Eingeborenen selbst festgehalten wird, finden wir auf anderen Inseln verwickeltere Darstellungen der Weltentstehung, denen man anmerkt, daß sie entweder durch die Deutungs- und Verbesserungssucht europäischer Ueberlieferer, namentlich der Missionare, oder durch andere äußere Einflüsse, vielleicht auch durch die erhitzte Einbildungskraft der Eingeborenen selbst eine recht phantastische Gestalt angenommen haben. Deutlich tritt aus diesen Schöpfungssagen der Gedanke hervor, daß Himmel und Erde im Anfange noch nicht geschieden waren, sondern daß das ganze Weltall ein formloses Durcheinander — das „Chaos“ der alten Kulturvölker — bildete. Nachdem sich die vorgenannten Grundelemente des Weltalls, wie es dem menschlichen Wahrnehmungsvermögen sich darstellt, von einander gesondert hatten, lagen ihre Massen dicht aufeinander. Nach der Schöpfungssage der Maori, der Eingeborenen von Neu-Seeland, verkörpert sich der Himmel in der Gestalt des Rangi, die Erde in derjenigen der Papa. Die Sprößlinge dieses Ehepaares hielten unter einander Rat, wie sie sich von dem gewaltigen Drucke der Himmelslast befreien und Licht, Luft und Bewegung gewinnen könnten. Einer der Söhne

*) Es ist dies ein Baum von derselben weißbuchenähnlichen Art, wie der, in dem die Eingebornen den Lodnio verkörpert glauben.

will beide Eltern töten, ein anderer sie bloß trennen, ein dritter spricht sich auch gegen diese Trennung aus. Der Zweite, „Gott der Wälder" genannt, behält die Oberhand; es glückt ihm, den Himmel zu heben, indem er den Kopf gegen die Mutter Erde stemmt und mit den Beinen den Vater Rangi empor stößt. Daß er sich diesem entfremdet, gilt ihm gleich; desto fester hält er an der nährenden Mutter Erde. Nun kann das Licht zwischen Erde und Himmel eindringen und es wird hell. Aber die beiden anderen Brüder, der Meer- und der Windgott, geraten mit dem Gotte der Wälder alsbald in Streit; der Windgott hält zu dem verdrängten Vater, zerbricht die Bäume des Waldgottes und treibt die Fluten des Meeres gegen dessen Gebiet. Die Meertiere flüchten ans Ufer, ihr Gebieter fordert sie zurück und so entsteht auch zwischen diesem und dem Waldgotte grimmer Hader. Um das Meer zu bezwingen, lehrt der Waldgott die Menschen Kähne bauen; der Meergott wirft aber ihre Fahrzeuge um, verschlingt die Gelände an den Küsten und zerstört ihre Dörfer. So wütet der Kampf unter den Söhnen des Himmels und der Erde, während dieses Elternpaar trotz seiner Trennung sich unverbrüchliche Treue hält. Die Seufzer der Erde wallen als Nebel auf und Rangis Thränen tränken den schmachtenden Boden. Bei anderen polynesischen Völkern ist es nicht der Waldgott selbst, sondern ein Geschöpf desselben, eine ungeheure Aracee von der Arum-Gattung*), die durch ihr Riesenwachstum Himmel und Erde trennt, oder diese Trennung wird durch Zerreißung eines riesigen Tintenfisches bewirkt, der bis dahin Himmel und Erde umklammert gehalten hat. Das Menschengeschlecht entsteht nach der einen Sage aus göttlicher Zeugung, nach der anderen wird es aus Steinen geschaffen. Am Strande der Osterinsel findet der Seefahrer, der dies weltferne Eiland besucht, eine große Zahl plump in Stein gemeißelter Köpfe; die Blöcke, aus denen sie gearbeitet sind, erreichen bis zu 15 Meter Höhe und ihre Rückseite weist Inschriften in unentzifferbarer Bilderschrift auf. Ob in diesen Steingebilden, die unsere Titelvignetten zu diesem Abschnitte darstellt, die Urbilder der polynesischen ersten Menschen zu vermuten sind, ist eine Frage, deren Lösung ebenso schwierig erscheint wie die Erklärung, zu welcher Zeit und durch wessen Hände sie aufgerichtet worden sind.

Als Gegenstück zu den Schöpfungssagen des fernen Südens möge hier noch eine solche aus dem höchsten Norden angeführt werden. Der Eskimo stellt sich als Pfeiler des Himmelsgewölbes einen Berg vor, um den jenes sich dreht. Der Standpunkt dieses Berges würde nach dieser Vorstellung mit dem Nordpol zusammenfallen und das Himmelsgewölbe einer schwebenden Glasglocke gleichen. Mächtige Wassermassen bedeckten einst jenes ganze Gebiet und die Eisschollen trieben auf ihrer Oberfläche hoch über die höchsten Berggipfel dahin und blieben, nachdem die Flut sich verlaufen hatte, auf diesen hängen. Dagegen war das nun trocken gelegte Land mit Muscheln und Resten von Walen und anderen Seetieren bedeckt. Der Mann entstand nach der grönländischen Schöpfungssage unmittelbar aus der Erde, das Weib aber aus der Verbindung eines Erdkloßes mit jenem. Ueber die Frage, ob der Mensch sterblich oder unsterblich sein solle, läßt der Mythus der Grönländer das Weib entscheiden, und zwar mit der praktischen Begründung, daß sie sterben mögen, um Platz für ihre Nachkommen zu schaffen. Die drangvolle Enge des bewohnbaren Landes unter jenem unwirtlichen Himmelsstriche rechtfertigt vollauf diese Anschauungsweise. Nach dem Tode des letzten Menschen wird, der grönländischen Sage zufolge, eine ungeheure Flut über die Erde hinwegfegen und ihre Oberfläche säubern und glätten; dann aber wird der Sturmwind kommen und aus den durch die Flut gereinigten Resten der alten Welt eine neue und glücklichere schaffen.

Wie wir sehen, bildet die Grundlage aller dieser Schöpfungsmythen eine Naturanschauung von elementarer Einfachheit, die aber immer noch nicht auf der niedrigsten Stufe steht; diese Schöpfungsmythen gehen allerdings von einer völlig falschen Vorstellung der Ursachen aus, bringen aber doch wenigstens die Wirkungen, die sie diesen Ursachen

*) Die Araceen sind eine Pflanzenfamilie, die größtenteils in den Tropen heimisch ist und deren Arten teils kraut-, teils strauchartig — letztere meist Kletterpflanzen — sind.

zuschreiben, in einen logischen Zusammenhang mit jenen. Vergleichen wir mit den oben angeführten Schöpfungssagen beispielsweise diejenige der Buschmänner, so erkennen wir leicht, um wie viel tiefer die Einbildungskraft und das Urteilsvermögen dieser letzteren steht. Eine Heuschrecke, die sich von Meerkatzen verfolgt sah, suchte sich — nach der Sage der Buschmänner des Kaplandes — dadurch zu retten, daß sie einer Elenantilope die Gallenblase zerriß und dadurch Finsternis hervorrief. Nachdem sie sich auf diese Weise der Verfolger entledigt hatte, warf sie ihren ledernen Schuh gegen den Himmel, auf daß es wieder Licht werde. Aus dem Schuh entstand der Mond, der, weil der rötliche Sand des Buschmannlandes daran haftete, in rötlichem Schimmer erstrahlte und der, seiner Entstehung aus totem Leder gemäß, auch keine Wärme geben kann. Was die Sonne anbelangt, so sind die Vorstellungen der Buschmänner von der Entstehung dieses Gestirnes nicht minder albern als die, die ihrer Mondsage zu Grunde liegen. Sie meinen, die Sonne sei ursprünglich ein Mann ihres Stammes gewesen, aus dessen Achselhöhle das Tageslicht entflossen sei. Natürlich konnte es infolge dieser unpassenden Anbringung nur einen sehr beschränkten Raum in der nächsten Umgebung seines Trägers beleuchten. Die Buschmänner ergriffen deshalb ihren Stammesgenossen und schleuderten ihn gegen Himmel, von wo aus er nun die ganze Welt mit seinem Lichte beglückt. Im Monde erblickte die Sonne sofort einen lästigen Nebenbuhler, dem sie aus Zorn und Neid mittels ihrer scharfen Strahlen ein Stück nach dem anderen abschneidet; der Mond muß sich das gefallen lassen, doch ward ihm auf seine Bitte ein kleiner Rest seiner Scheibe für die eigenen Kinder vorbehalten und dieser wuchs sich wieder zum Vollmond aus, an dem die neidische Sonne stets aufs neue ihre Zerstörungslust übt. Die Entstehung der Milchstraße verlegen die Buschmänner in eine Zeit, da es weder Mond noch Sonne gab; die Menschen mußten damals im Dunkeln wandeln, bis es einem Mädchen gelang, glühende Asche gegen den Himmel zu schleudern, die daran haften blieb und so die Milchstraße bildete. Andere Gestirne lassen sie aus Menschen und Löwen entstehen, deren Umgestaltung in Himmelskörper ebenfalls einem Mädchen zugeschrieben wird.

Sagen von einer allgemeinen Flut, die eine früher bestandene Schöpfung vernichtet haben und aus der dann eine neue Welt hervorgegangen sein soll, sind teils auf uralte Ueberlieferung, teils auf die Vermittelung der nach allen Himmelsgegenden ausgesandten christlichen Missionare zurückzuführen. Die älteste bis jetzt bekannt gewordene Sintflutsage findet sich auf Thontafeln, die in Babylonien gefunden und 1872 von G. Smith entziffert worden sind; die nahe Verwandtschaft zwischen dieser und der in der Bibel überlieferten hebräischen Sintflutsage, die sich sogar auf Einzelheiten (z. B. die Aussendung dreier Vögel behufs Erkundung des Flutstandes und Auffindung festen Landes) erstreckt, läßt vermuten, daß beide Sagen aus gemeinsamer Quelle herrühren, daß also die hebräische nichts anderes als eine wenig veränderte Ueberlieferung der babylonischen ist. Von den Völkern des Altertums hatten auch die Inder, die Perser, die Chinesen und die Griechen solche Flutsagen, deren sich auch bei den nordasiatischen Völkern manche finden; mögen diese aber auch außer allem Zusammenhang mit der babylonischen Flutsage stehen, so wäre es doch irrtümlich, aus diesen Sagen auf eine allgemeine Flut zu schließen, die zu einer bestimmten vorgeschichtlichen Zeit einen großen Teil der Erde heimgesucht hat. Wahrscheinlicher ist es, daß durch vulkanische Erscheinungen ausgedehnte Ueberschwemmungen in verschiedenen Gegenden und zu verschiedenen Zeiten verursacht worden sind, wie dies ja auch in geschichtlicher Zeit wiederholt der Fall gewesen ist, und daß diese Ereignisse Anlaß zu den verschiedenen Flutsagen gegeben haben. Die Thatsachen, die der biblischen Sintflut zu Grunde liegen mögen, faßt Eduard Sueß in seinem Werke „Das Antlitz der Erde“ in folgenden Sätzen zusammen:

1. Das unter dem Namen der Sintflut bekannte Naturereignis ist am unteren Euphrat eingetreten und war mit einer ausgedehnten und verheerenden Ueberflutung der mesopotamischen Niederung verbunden.

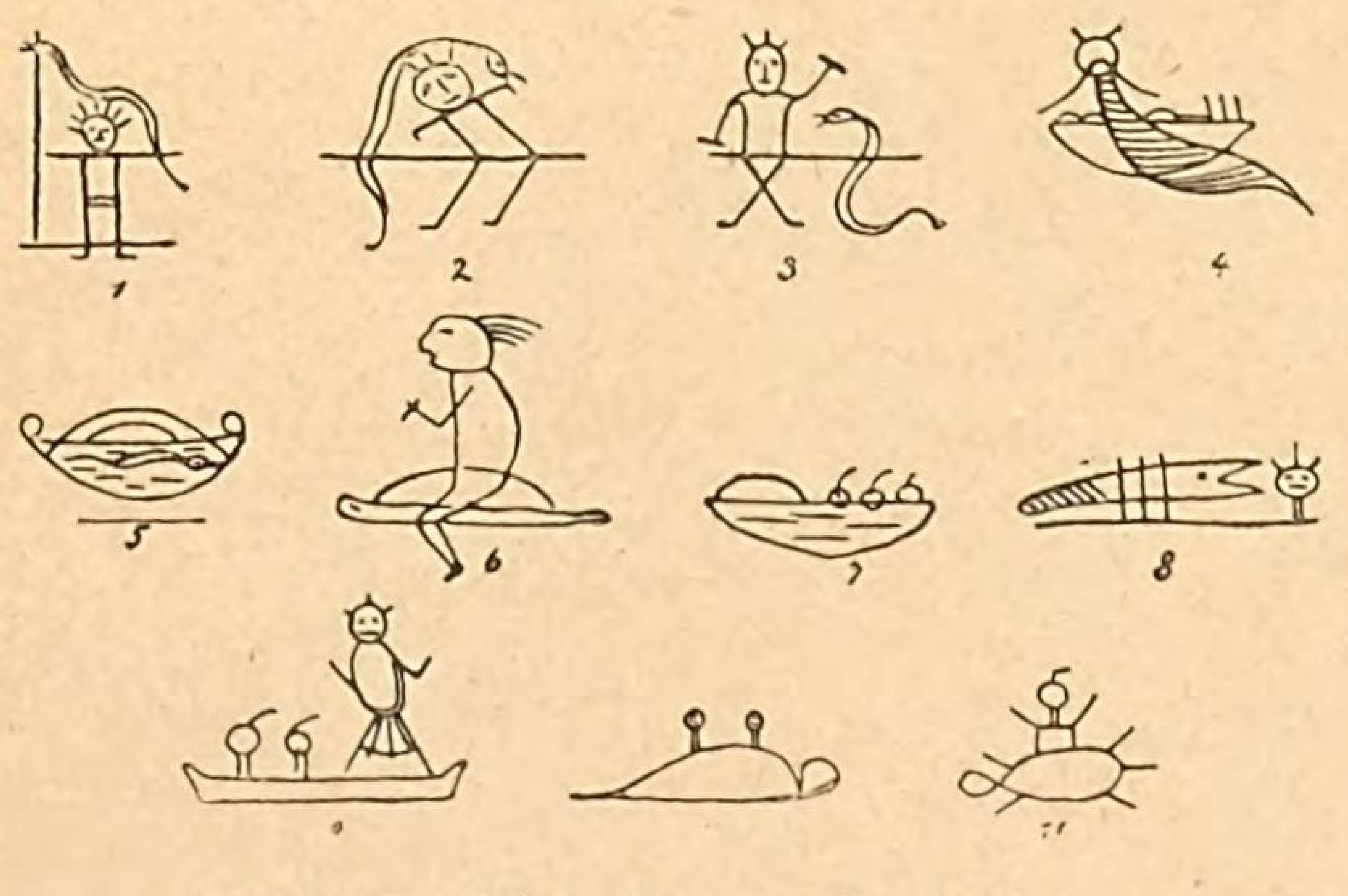
2. Die wesentlichste Veranlassung war ein beträchtliches Erdbeben im Gebiete des Persischen Meerbusens oder südlich davon, welchem mehrere geringere Erschütterungen vorangegangen sind.

3. Es ist sehr wahrscheinlich, daß während der Periode der heftigsten Stöße aus dem Persischen Golf ein Cyklon von Süden her eintrat.

4. Die Traditionen anderer Völker berechtigen in keiner Weise zu der Behauptung, daß die Flut über den Unterlauf des Euphrat und Tigris hinaus oder gar über die ganze Erde gereicht habe.

In einer erdbebenreichen Zeit — so schließt Sueß — mag durch Erdstöße zu wiederholten Malen das Wasser des Persischen Meerbusens in das Niederland an den Mündungen des Euphrat geworfen worden sein. Durch diese Fluten gewarnt, baut ein vorsichtiger Mann, Hasis-Adra (d. i. der gottesfürchtige Mann) genannt, ein Schiff zur Rettung der Seinigen und kalfatert es mit Erdpech, wie man heute noch am Euphrat zu thun pflegt. Die Bewegungen der Erde nehmen zu; er flüchtet mit den Seinigen in das Schiff; das Grundwasser tritt aus dem geborstenen Flachlande hervor; eine große Depression des Luftdruckes, bezeichnet durch furchtbaren Sturm und Regen, wahrscheinlich einen wahren Cyklon, vom Persischen Meerbusen hereintretend, begleitet die höchsten Aeußerungen unterirdischer Kräfte; das Meer fegt verheerend über die Ebene, erhebt das rettende Fahrzeug, spült es weit landeinwärts und läßt es an jenen Vorhügeln stranden, welche unterhalb der Mündung des kleinen Zob die Niederung des Tigris gegen Nord und Nordost umgrenzen.

Ein naheliegendes Naturmotiv zur Schöpfung von Flutsagen bietet auch das gegensätzliche Verhältnis zwischen Wasser und Land, das sich überall kundgiebt, wo sich diese beiden Grundelemente alles Lebens auf der Erde berühren, in der zerstörenden Wirkung der Meeresbrandung ebenso, wie in der Durchbrechung und Ausspülung des Bodens durch die fließenden Gewässer des Festlandes. Auf den höchsten Bergen finden sich Versteinerungen von allerlei Getier, dessen Herkunft aus der Meerestiefe selbst der schlichte Naturmensch leicht zu erkennen vermag, und die Schlußfolgerung, daß der Boden, der solche Versteinerungen enthält, dereinst vom Meere bedeckt gewesen sein muß, ergiebt sich ganz von selbst. Dagegen bedurfte es schon einer weit tiefer eindringenden Naturkenntnis, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, daß nicht das Meer es war, das bis zu jenen Höhen emporstieg, sondern vielmehr der Meeresgrund, der aus seiner Tiefe zu ihnen emporgehoben wurde. Die Flutsagen entsprechen der zuerst angeführten ursprünglicheren Naturanschauung; manche Schöpfungssagen aber nehmen ein Emporsteigen des Festlandes aus dem Meere an. So herrscht bei den Indianerstämmen Nordamerikas vielfach die Ansicht, daß die Erde auf einer Stange oder einem Grashalm aus dem Meeresgrunde emporgestiegen sei. Diese Vorstellung mag ihre Begründung wohl in der Thatsache finden, daß in den großen nordamerikanischen Strömen Schilfdickichte sich bilden, die das von den Fluten herbeigetragene Schwemmaterial auffangen, so daß dieses schließlich eine feste Ueberhöhung der Stromoberfläche bildet, auf der bald die von der Luft und vom Wasser herbeigetragenen Pflanzenkeime geeigneten Wurzelgrund finden, so daß schließlich eine neue Insel entsteht. Zur Bildung der Legende werden dann die geflügelten Bewohner der Luft als das schaffende, freundliche, die Wasserungetüme als das zerstörende, feindliche Element herangezogen, und als vermittelndes Element tritt häufig die Schildkröte auf, in deren festem Schilde diese



Sintflutsage der Algonquin-Indianer.

Naturvölker das charakteristische Sinnbild des Festlandes erblicken. In diesem Sinne ist eine Sintflutsage des nordamerikanischen Indianerstammes der Algonquins gehalten, von der wir eine interessante bildliche Darstellung bringen. In Rindenstücken eingeritzt, die 1822 aufgefunden und gesammelt worden sind, führt uns dieser Bildercyklus die Geschichte der Bedrängung der Menschheit durch eine Schlange (1—3) vor, der sich dann das Wasser (4) in Gestalt eines insektenlarvenähnlichen Ungetüms als Bundesgenosse zur Vernichtung der ersteren beigesellt. Die ganze Erde wird überschwemmt (5); aber der „Urvater der Menschen“ kommt auf dem Rücken einer Schildkröte (6) angeschwommen und winkt die hilflos auf den Fluten dahintreibenden Menschen (7) heran. Auf dem trockenen Rücken der Schildkröte finden die Menschen Zuflucht, und obgleich sie von Seeungeheuern (8) verfolgt werden, gelingt es ihnen doch, sich zu retten (9) und das Fallen der Flut abzuwarten, worauf ihnen die Schildkröte (10) als neuerstandene Erde zum sicheren Wohnsitze (11) wird.

Nach der Schöpfungssage der Bella-Coola-Indianer in Nordamerika ist die Sonne dem Menschengeschlechte von einem Raben gebracht worden; ein Häuptling von gottähnlicher Gewalt befestigte sie am Himmel und band die Erde, um sie vor dem Versinken im Meere zu bewahren, mittels eines Taues daran fest. Später der Menschheit zürnend, beschloß er, diese zu vernichten und dehnte zu diesem Behufe das Tau dermaßen in die Länge, daß die Erde bis an die höchsten Berggipfel in die Fluten versank. Auch die Muskotsch Nordamerikas setzen ein solches Versinken der Erde voraus und lassen diese von zwei Tauben an einem über das Wasser hervorragenden Grashalm wieder emporheben. Bei anderen Indianern geht aus der Verbindung einer Krähe mit einem Habicht, die sich auf einer aus dem Weltmeere emporragenden Stange niedergelassen haben, eine Ente hervor, die dann für die Hebung des Schlammes aus der Tiefe sorgt, worauf aus diesem das Festland sich entwickelt. Die alten Kulturvölker Amerikas haben ebenfalls ihre Flutsagen, nur daß ihre bezüglichen Vorstellungen weniger kindlich naiver Art sind und in gewisser Hinsicht eine auffallende Aehnlichkeit mit den semitischen und indogermanischen Sagen dieser Art haben, die um so mehr zu denken giebt, weil der Zusammenhang zwischen den Kulturvölkern der neuen und jenen der alten Welt zur Zeit noch unergründet ist. Aus der hebräischen Flutsage wiederholt sich der Gedanke des Archenbaues, aus der hellenischen sowohl dieser als auch die Neuschöpfung des (durch die Flut vernichteten) Menschengeschlechtes aus Steinen bei den Mexikanern und anderen Indianervölkern Nordamerikas. Wie in dem Mythus Deukalions, des Stammvaters der Hellenen, dieser mit seiner Gattin Pyrrha in einem hölzernen Kasten der Sintflut entrinnt und nach neuntägigem Umhertreiben auf den Gewässern auf den Rat der Themis die Erde dadurch wieder neu bevölkert, daß er — und mit ihm auch Pyrrha — die „Gebeine der Mutter“ (d. h. Steine als Teile des toten Gerippes der Allmutter Erde) aussäet, so greifen auch diese indianischen Flutsagen zu dem Rettungsmittel des Archenbaues und lassen das neue Menschengeschlecht aus Steinen hervorgehen, die von den auf der Arche Geretteten göttlicher Anweisung gemäß hinter sich geworfen wurden. Die Bezeichnung für den Begriff „Mensch“ ist übrigens in vielen Indianersprachen gleichlautend mit derjenigen, die den Begriff von Erde oder Stein zum Ausdrucke bringt — eine Anschauungsweise, die sich mit der hebräisch-christlichen („.. denn Du bist Erde und sollst zu Erde werden“) deckt, wie sie im 1. Buch Mose, 3, 9 niedergelegt ist. Die Quiche, eine Gruppe der Mayavölker, die seit alten Zeiten die Halbinsel Yukatan und das umliegende Gebiet bewohnen und in ihrer Kultur mit den alten Mexikanern viele Aehnlichkeit haben, gehen in ihrer Vorstellung von der Schöpfung des Menschengeschlechtes noch weiter zurück; nach ihrer Anschauung wurden von den Göttern zuerst die Tiere geschaffen, doch erregten diese den Unwillen ihrer Schöpfer dadurch, daß sie ohne Sprache und daher unfähig waren, die Götter zu verehren. Sie formten darum Menschen aus Thon; aber auch mit diesen waren sie nicht zufrieden, denn sie konnten wegen ihres steifen Halses das Haupt nicht zu den Göttern erheben und ihre Sprache war zwecklos, da sie nichts verstehen konnten. Die Götter vernichteten daher ihr Werk durch eine Sintflut und wählten andere Stoffe zur Bildung von Menschen. Der Mann wurde aus Holz, das Weib aus Harz geformt. Auch

diesmal genügte das Werk seinen Schöpfern nicht und abermals vernichtete es Quhrakan, das „Herz des Himmels“, diesmal durch Herbeiführung einer vulkanischen Katastrophe. Nur wenige dieser Geschöpfe entgingen der Vernichtung durch feurigen Regen und Erdbeben; diese waren die Ureltern des Affengeschlechtes; die richtigen Menschen dagegen wurden jetzt aus Mais gebildet und diesmal gelang das Werk in so hohem Maße, daß den Göttern selbst davor bange wurde. Infolgedessen nahmen die Götter diesen Uebermenschen einen Teil ihrer allzu vollkommenen Eigenschaften wieder weg und jetzt erst war der Mensch in seiner dauernden Gestalt fertig.

Wie wir aus dem Vorstehenden ersehen, ist das Material, aus dem die Einbildungskraft der Naturvölker, und zum Teil auch die der alten Kulturvölker, ihre Vorstellungen vom letzten Grunde der bestehenden Dinge schöpfte, aus einem sehr eng gezogenen Gedankenkreise genommen. Das Bestreben, nach einem übernatürlichen Ursprunge der Natur und des Menschen zu forschen, ist aus allen diesen Schöpfungssagen ersichtlich, zugleich tritt aber auch überall das unabweisliche Bedürfnis hervor, für dieses Uebernatürliche einen Ausdruck in Anschauungsformen zu finden, die wieder aus der Natur selbst entnommen sind. Teils sind es Tiere oder andere Naturwesen, denen die schöpfende Kraft zuerkannt wird, teils menschenähnliche Gottheiten, teils wieder Zerrbilder von tierischer oder menschlicher Art. Die Mittel, deren sie sich zu ihren schöpferischen oder zerstörenden Handlungen bedienen, sind teils Kräfte, die den betreffenden Wesen ganz willkürlich und ohne jede weitere Begründung zugeschrieben werden, teils sind es Naturkräfte, Elementarereignisse oder den Gottheiten zugeschriebene Zauberkräfte, die die Wirkung natürlicher Vorgänge auf unnatürliche Weise hervorbringen. Auf einer höheren Stufe der Naturerkenntnis stehen diejenigen Völker, die darauf verzichten, kindlich naive Märchenvorstellungen als Erklärung für das Unbegreifliche zu benutzen, und die die über dem Naturleben und ihren persönlichen Geschicken waltenden höheren Mächte mit richtigem Gefühle in jene Regionen verlegen, die sich der schlichten Naturanschauung von vornherein als unnahbar und unbegreiflich darstellen. Der Sitz der Götter wird hier in die Sternenwelt verlegt, ihre Persönlichkeit in Gestirnen verkörpert, denen dann auch folgerichtig die den höheren Mächten geziemende Verehrung gezollt wird. Da aber eine derartige Weltanschauung dem Bedürfnisse, jeder Begriffsbildung eine sinnliche Vorstellung zu Grunde zu legen, keineswegs entspricht, so konnte sich der Sterndienst als Gottesdienst nicht rein erhalten, sondern es gesellte sich ihm stets ein Götzendienst bei, der jenem Bedü.fnisse gerecht wurde. Die feinfühligen Hellenen gingen daher wieder zu einer menschlich-sinnlichen Weltanschauung über und statteten ihre Gottheiten mit rein menschlichen Eigenschaften aus, wobei sie ihnen nur eine höhere Machtfülle und die Unsterblichkeit als greifbarsten Ausdruck derselben zuerkannten. Als Mittelding schalteten sie zwischen die mit schöpferischer Macht begabten eigentlichen Gottheiten und die sterblichen Menschen Halbgötter und Heroen ein, letztere als irdische Wesen göttlichen Ursprunges gedacht, die zu Lebzeiten als Uebermenschen auftraten und wirkten, nach ihrem Tode aber in die himmlischen Höhen entrückt und unter die Gestirne versetzt wurden. Die hellenische Götterlehre ist voll Poesie und enthält auch manche aus tiefer Naturbetrachtung geschöpfte Anschauungen. Aber sie ist zugleich rein sinnlicher Natur, und das Wirrsal ihrer Vielgötterei rührt aus so mannigfaltigen Quellen her, daß auch die Anschauungen anderer Völker, mit denen die Hellenen im Verlauf ihrer verwickelten Geschichte in Berührung kamen, leicht Aufnahme in ihre Götterlehre fanden und diese sich schließlich zu einem Sagenkreis von außerordentlich poetischer und künstlerischer Schönheits- und Gedankenfülle ausgestaltete, dem aber die religiös-sittliche Bedeutung gänzlich abhanden kam, und in dem die Gestalten der Gottheiten und ihre Bedeutung sich vielfach vermischten, teilweise auch gänzlich verwischt wurden.

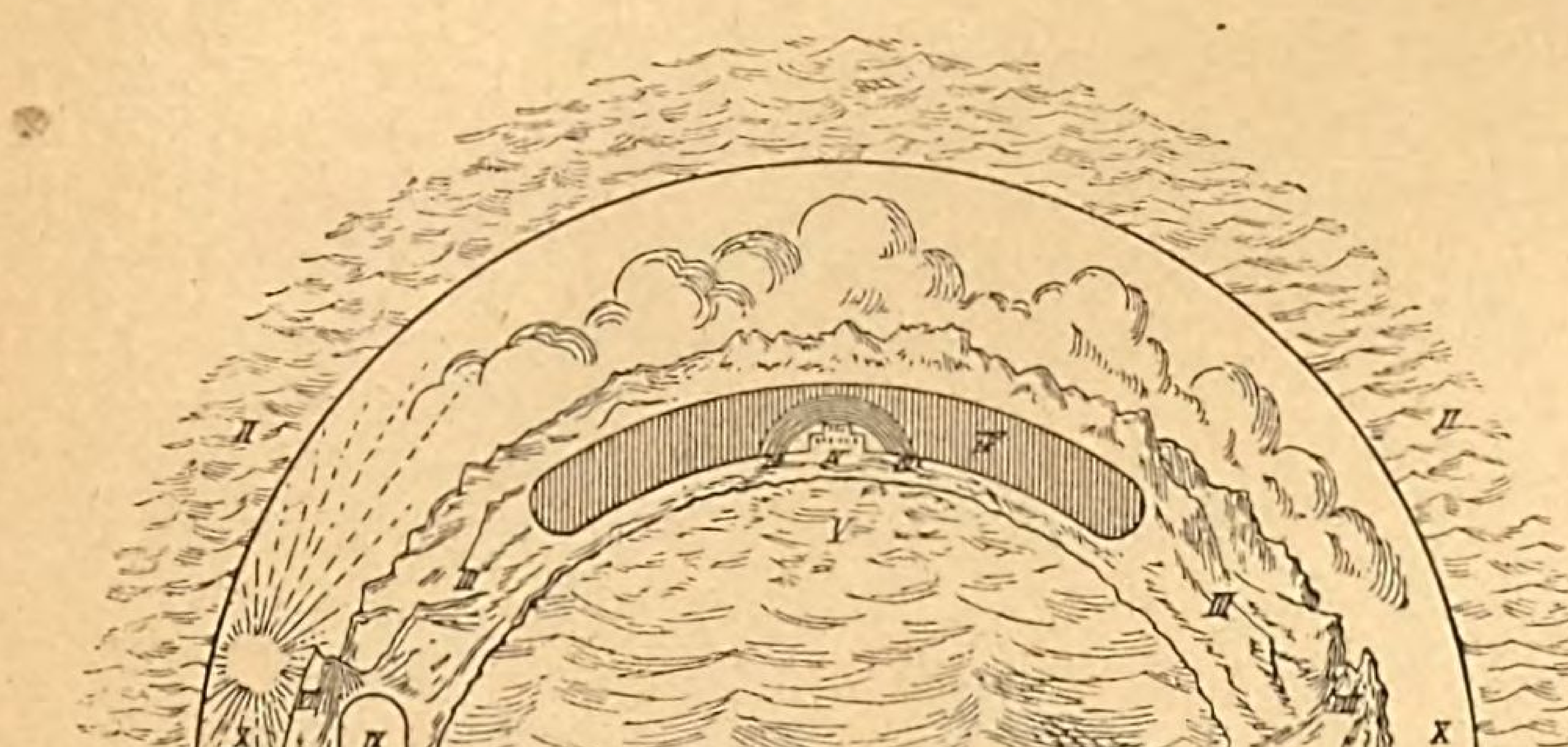
In noch höherem Maße tritt diese Erscheinung bei den alten Römern hervor, die den größten Teil ihrer Götterlehre von den Griechen entlehnten und im Verlaufe der Entwickelung ihres Weltreiches die Gottheiten der unterworfenen Völker ohne weiteres in ihren eigenen Anschauungskreis mit aufnahmen. Eigentümliche Gottheiten der Römer sind nur

Janus, Jupiter, Mars, Quirinus und Vesta und von diesen sind wieder Jupiter und Mars Ebenbilder des griechischen Zeus und Ares. Der doppelgesichtige Janus, der in die Vergangenheit und Zukunft schaut, ist altitalischen Ursprunges und verkörpert sowohl den Begriff des Entstehens aus eigener Kraft, also die schöpferische Urkraft, als auch den der weltbeherrschenden Umsicht; er war ursprünglich und wahrscheinlich der erste der italischen Götter, was wohl auch aus der hohen Verehrung geschlossen werden darf, die ihm in Rom gezollt wurde. Erst später trat Jupiter an seinen Platz, dem eine neuere mehr sinnliche Anschauungsweise in der Juno, dem Seitenstücke der hellenischen Hera, eine weibliche Obergottheit beigesellte. Der ursprüngliche Kriegsgott der Römer, Quirinus, geriet schon früh in Vergessenheit und an seine Stelle trat Mars, ursprünglich auch ein italischer Gott, der aber (wie schon sein Name „der Glänzende" oder „Strahlende" darthut) mehr die Bedeutung einer Sonnengottheit hatte. Die Italiker opferten ihm im Frühling als dem Schutzgott der Saaten und im Sommer als dem Erntegott, und seine Bedeutung als Kriegsgott beschränkte sich darauf, daß nach altem Brauche im Winter die Waffen ruhten und die Kriegsführung der warmen Jahreszeit vorbehalten war. Die Vesta als Göttin des Herdfeuers erscheint bei den Römern zwar schon in der ältesten Zeit als hochverehrte Gottheit, doch ist bei ihrer nahen Verwandtschaft mit der hellenischen Hestia ihr eigentlicher Ursprung wohl auf griechischem oder noch älterem Kulturboden zu suchen. In der Unzahl der übrigen römischen Gottheiten finden wir zum größten Teile einfache Kopien der hellenischen, und namentlich die Verkörperung derselben ist ausschließlich auf griechischen Einfluß zurückzuführen.

Einen großen Fortschritt in der Naturanschauung, die bei allen Völkern der Vergangenheit und Gegenwart — soweit nicht die kleine Gruppe derjenigen in Betracht kommt, die auf der Höhe der modernen wissenschaftlichen Naturanschauung stehen — gleichbedeutend mit religiöser Anschauung ist, bedeutet der Uebergang von der Vielgötterei zum Monotheismus, d. h. der Annahme, daß die Herrschaft über die Natur und den Menschen einem einzigen Wesen zukommt; soweit es sich um volkstümliche Anschauungen handelt, werden diesem Wesen menschliche Eigenschaften zugeschrieben, wenn auch diese im höchsten denkbaren Maße der Vollkommenheit gedacht sind. Auch die Verkörperung der einzigen Gottheit hat menschliche Gestalt, sei es nun, daß diese der kindlich einfachen Vorstellung eines sorglichen Allvaters entspricht, sei es, daß sie in das Bild eines über den Wolken thronenden, strahlenden Königs der Welt gekleidet wird. Bei den Hebräern, von denen die monotheistische Weltanschauung aus Ursachen, die lediglich in dem rein äußerlichen Zusammenhange geschichtlicher Ereignisse wurzeln, in das Christentum übergegangen ist, tritt das persönliche Wesen der Gottheit aufs schärfste hervor. Es ist ein nationaler Gott, der nur für sein „auserwähltes Volk" vorhanden ist, nur diesem seine Gesetze anpaßt und nur ihm seine väterliche Obsorge widmet. Die ganze übrige Menschheit wird von diesem Gott nur als Züchtigungsmittel für sein eigenes Volk benutzt und diesem die Herrschaft über jene verheißen. Trotz seines nationalen Gepräges hat aber dieser Gott bei seinem eigenen Volke die ausschließliche Herrschaft erst dann zu behaupten vermocht, als dieses bereits in voller Zerrüttung begriffen war. So lange das Volk Israel im Völkerleben eine selbständige Rolle spielte, war es dem Götzendienste seiner Nachbarn ergeben, und seine Könige gingen ihm hierin nicht selten mit schlechtem Beispiel voran. Erst nachdem das Prophetentum im israelitischen Volke zu Ansehen und Einfluß gelangt war, befestigte und verallgemeinerte sich die monotheistische Weltanschauung bei diesem Volke und fand schließlich im Judentum, das sich nach der Rückkehr aus der babylonischen Gefangenschaft im 6. Jahrhundert v. Chr. zu einer Religionsgemeinde zusammenschloß und den Kultus des einen Gottes zur Grundlage seiner Glaubenslehre machte, seinen festen Hort.

Was nun die hebräische oder „mosaische" Schöpfungssage anbelangt, wie sie uns in der Bibel überliefert ist, so weist ihr Inhalt in mancher Beziehung auf eine nahe Verwandtschaft mit der weit älteren babylonischen hin, nur daß diese entschieden auf dem

Boden der Vielgötterei steht und in ihrer Darstellungsweise rohsinnlichen Geschmack und plumpe Erfindung zur Schau trägt. Die babylonische Schöpfungssage beginnt mit dem form- und gesetzlosen „Chaos" und nähert sich mit dieser Vorstellung dem griechischen Mythus, dessen Titanenkampf gegen die Götter sie gleichfalls streift. Die Götter halten bei einem Gelage Kriegsrat gegen die Empörer, die als Vasallen der „Tiamar", des Urmeeres, dargestellt werden; an ihrer Spitze steht Tiamar selbst, in einem greulichen Ungetüm verkörpert. Die Götter beschließen, einem der Ihrigen, Marduk mit Namen, die höchste Macht zu übertragen, und ernennen ihn zu ihrem Vorkämpfer; seine Befehle sollen unerschütterlich feststehen, seinen Gesetzen Welt und Götter unterthan sein: „Sprich ein Wort und befiehl, daß etwas werde, und es soll sein!" Hierauf rüstet sich Marduk zum Kampfe gegen die Empörer mit blitzesprühenden Speeren und ruft den Orkan zu Hilfe gegen Tiamar. Er öffnet dieser gewaltsam den Rachen, läßt seinen Bundesgenossen, den Orkan, hineinfahren und sie durch diesen ersticken, worauf er sie in zwei Stücke schlägt. Eines dieser Stücke stellt er aufrecht und macht die Himmelswölbung daraus, die er verschließt und bewachen läßt, auf daß die Wasser nicht hindurchströmen können. Aus der anderen Hälfte bildet er die Erde in Gestalt eines hohen Berges, unter dem die Wasser hindurchfluten, und bringt an der Himmelskuppel die Gestirne, die „Standorte der großen Götter", an. Jenseits des festen Himmelsgewölbes flutet das himmlische Meer, und wieder jenseits dieses letzteren baut Marduk den inneren Himmel als Wohnsitz der Götter auf. Die Art und Weise, wie die Sage von Marduk die Gestirne anbringen läßt, weist deutlich auf die hohe Entwickelung der Sternkunde bei den Babyloniern zu jener Zeit hin. Nach P. Jensen, der eine neue Uebersetzung der Schöpfungslehre der Babylonier nach dem aufgefundenen Keilschrift-Texte derselben geliefert hat und dessen bildliche Darstellung des babylonischen Kosmos hier wiedergegeben ist, nahm Marduk, als er sein Weltgebäude aufrichtete, zunächst eine Vermessung des Umkreises des Urwassers vor und baute, den erhaltenen Maßen entsprechend, das Erdgewölbe; den Himmelskreis aber besetzte er mit den Tierkreisbildern und teilte darnach das Jahr in seine 12 Monate. Den Mond bedeckte er in regelmäßigen Zwischenräumen mit einer Königsmütze, durch deren Lüftung dann allmählich die Mondphasen bewirkt wurden. Wie unser Bild zeigt, dachten sich die Babylonier das Wasser als das eigentliche, das ganze Weltall ausfüllende Urelement, das sowohl den Raum innerhalb des Erdgewölbes als auch denjenigen außerhalb des festen Himmelsgewölbes bis an den inneren Himmelsraum (I) hinan ausfüllte. Den jenseits des Himmelsgewölbes gelegenen Teil ihres Weltmeeres nannten sie den himmlischen Ocean (II), den die Erde umflutenden und unterspülenden Teil sahen sie als das irdische oder Weltmeer im engeren Sinne des Wortes (VI) an. Als Quellgebiet dieses Erdenoceans galt ihnen der unter der Kuppel des Erdgewölbes gelegene Teil desselben (V). Die Unterwelt — das Reich der Toten (IV) — war in das Innere des Erdgewölbes eingebettet; in der Mitte desselben lag der Palast des Totenreiches (IV 1), der durch sieben Mauern (IV 2) von der übrigen Unterwelt abgetrennt war. Der Himmelsraum mit Sonne, Mond und Sternen wurde durch einen Damm (X) vom irdischen Ocean abgeschlossen. Zwei gewaltige Berge (VII und VIII), von denen der erstere den Sonnenaufgang, der letztere den Sonnenuntergang bezeichnete, erhoben sich an dem unteren Fuße



Babylonische Weltanschauung.

des Erdgewölbes (III); am Fuße des Berges des Sonnenaufganges war in das Erdgewölbe ein Versammlungsraum (IX) der Schicksalsgötter eingebaut.

Betrachten wir diese Schöpfungssage an sich, so trägt dieselbe das Gepräge eines Naturmythus, in welchem Marduk die Verkörperung der Sonne darstellt. Durch ihre leuchtende und wärmende Kraft wird das wilde, finstere Urmeer besiegt, Wasser und Atmosphäre getrennt und zwischen beiden das feste Land als der Träger des höheren Naturlebens freigelegt und befruchtet. Mit der hebräischen Schöpfungssage verglichen, stellt sich der Marduk der babylonischen — wie Bölsche in seiner „Entwickelungsgeschichte der Natur“ ausführt — als „der Herr der Bibel dar, der im Anfange über den wüsten Wassern schwebt, dann eine „Veste“ zwischen den Wassern errichtet, durch die die „Wasser unter der Veste“ von denjenigen „über der Veste“ getrennt werden, und jetzt erst unterhalb dieser Himmelsveste die Scheidung von Land und Meer eintreten und durch die Einsetzung der Himmelskörper Tag und Nacht werden läßt“. Ein Bruchstück einer späteren Keilschrifttafel sowie andere Quellen aus der babylonischen Zeit lassen erkennen, daß sich auch die Reihenfolge der Erschaffung der Lebewesen und die Bildung des ersten Menschen aus Thon als Schlußstück der ganzen Schöpfung bei den Babyloniern in ähnlicher Weise abwickelt wie im hebräischen Schöpfungsmythus.

Dieser letztere ist nun, wie bereits erwähnt, mit der Bibel vom Christentum übernommen worden, nachdem er bereits durch das Judentum abgeklärt und im monotheistischen Sinne umgestaltet worden war. Das Prophetentum hatte ihm die Eigenschaft einer göttlichen Offenbarung zuerkannt und auch das Christentum behielt diese Auffassung bei. Nachdem dieses nun zu einem mächtigen Staatskirchentum sich entwickelt hatte, bestand es mit seiner vollen Autorität auf der Aufrechterhaltung des Offenbarungs-Nimbus der Bibel, und so ist bis auf unsere Zeit auch die Schöpfungssage der Hebräer als eine Glaubenslehre der gesamten Christenheit erhalten geblieben. Die Fortschritte der Wissenschaft konnten aber dadurch nicht gehindert werden. Wie diese in ihren ersten Anfängen schon in den babylonischen Schöpfungsmythus hineinspielt, ohne freilich den Schleier nebelhafter mythischer Vorstellungen durchdringen zu können, mit dem die stets der Geheimniskrämerei zugethane Priesterschaft sie umgab, so begegnen wir auch in der jüngeren hellenischen Kosmogonie (Darstellung der Weltentstehung) und Theogonie (Lehre von der Herkunft der Götter), die in Hesiod im 8. Jahrhundert v. Chr. ihren ältesten bekannten Sammler und Ausleger fand, den deutlichen Spuren einer tiefer eindringenden, dem wissenschaftlichen Charakter sich nähernden Naturbetrachtung. Auch hier sehen wir an den Uranfang das Chaos, das Unentwirrbare und Unvorstellbare gesetzt, aus welchem sich dann Himmel und Erde, Tag und Nacht entwickeln, um sofort in die Verkörperung von Gottheiten überzugehen. Diese vermehrten sich in völlig menschlich-natürlicher Weise und zeugten nicht nur ihresgleichen, sondern auch untergeordnete, menschenähnliche Geschöpfe, denen aber — wohl ihrer nahen Verwandtschaft mit den Göttern halber — übermenschliche Kräfte zugeschrieben wurden. In diesen Giganten und Titanen waren die rohen Naturgewalten verkörpert, aus denen dann die leitenden Gottheiten der geordneten Welt hervorgingen. Ein tiefer Gedanke liegt darin, daß der Titane Kronos, der die alles verschlingende Zeit verkörpert, sowohl den eigenen Vater (Uranus, den Vertreter des Kosmos) seiner schaffenden Kraft beraubt, als auch seine Kinder verschlingt. Nur Zeus, in dem der griechische Mythus den allgewaltigen Lenker der Weltordnung erkennt, wird durch die List seiner Mutter Gäa vor dem Schicksale seiner Geschwister bewahrt und beginnt, zum Manne herangereift, den langwierigen Kampf gegen die von seinem unersättlichen Erzeuger geleiteten rohen Elementargewalten, nach dessen siegreicher Beendigung er seine dem Vater wieder entrissenen Geschwister in die Herrschaft über Land und Meer und Unterwelt einsetzt, während er für sich selbst die Obergewalt über Himmel und Erde vorbehält. Der Gegensatz zwischen diesen neuen und den Urgottheiten liegt darin, daß diesen nur eine Herrschaft der rohen, blindgierigen Gewalt, also der ungefesselten Naturkraft, jenen aber der ordnende, weise, gerecht und liebevoll waltende Geist im Sinne menschlicher Kultur zugeschrieben wird. Wenn auch Zeus zuweilen in der furchtbaren

Majestät des Donnerers auftritt, so ist er doch auch der segensreich waltende Vater der Götter und Menschen, der das Recht beschützt und das Unrecht bestraft, und in ihm und seiner Gemahlin Hera verkörpert sich das Heiligtum der Ehe und Familie als Grundlage aller Kulturordnung. Neben diesen Obergottheiten stehen die übrigen gleichsam als Verwalter und Pfleger der verschiedenen Zweige menschlichen Kulturschaffens, während das Naturleben in den mannigfachen Gestalten von Halbgöttern verkörpert erscheint.

Je weiter die Griechen in der Kultur vorschritten, desto mehr vermenschlichte sich ihr Mythus; es entstanden Gottheiten, die nichts anderes waren, als die Verkörperung sittlicher Begriffe und solche, die sozusagen einzelne Berufe oder Stände personifizierten. Die Beziehungen des Mythus zum Kosmos und zum Naturleben traten mehr in den Hintergrund, und die Welt- und Naturanschauung löste sich von ihm allmählich ab.

Anaximander von Milet zeigt im 6. Jahrhundert v. Chr. bereits in seiner Welterklärung ein hochentwickeltes Denken, das, von allem Fabelkram losgelöst, zur Erkenntnis der Natur auf dem Wege der logischen Schlußfolgerung aus den Naturerscheinungen vorzudringen sucht. Es ist nicht mehr das kindliche Spiel der Einbildungskraft mit den Ergebnissen der sinnlichen Wahrnehmung, sondern der ernste Forschungsdrang, der spekulative Geist, der aus seinen Anschauungen spricht. Die Wissenschaft hat sich bereits des ihr zugehörenden Gebietes der Naturerkenntnis bemächtigt, und so unbeholfen sie auch auf dem eingeschlagenen Wege dahintappt, so irrtümlich auch die mit unzulänglichen Beobachtungsmitteln gewonnenen Ergebnisse sind, so giebt es für sie doch keinen Stillstand mehr. Mutig und beharrlich verfolgt sie die eingeschlagenen Bahnen und erkämpft sich Schritt für Schritt festen Boden. Bei den alten Kulturvölkern ausschließliches Eigentum der Priesterschaft, geht ihre Pflege allmählich in die Hände eines freien Gelehrtentums über, und je weiter ihre Entwickelung vorschreitet, desto schroffer wird der Gegensatz zwischen ihr und der priesterlichen Lehre, die ihre ganze Lebenskraft in der Erhaltung der Ueberlieferung sucht. Der Monotheismus vergeistigt sich mehr und mehr unter dem Einflusse der fortschreitenden Wissenschaft und aus dem Gottesbegriffe geht derjenige einer einheitlichen Weltordnung hervor, zu deren Verständnis es nicht mehr der Vorstellung eines göttlichen Ordners oder Gesetzgebers bedarf.

Diesem Entwickelungsgange wollen wir im nächsten Abschnitte eine flüchtige Umschau widmen.



Erstes Kapitel.

Die Wissenschaft und ihre Hilfsmittel.

Merkwürdigerweise — aber sehr bezeichnend für den dem Menschen innewohnenden Forschungsdrang — hat sich die wissenschaftliche Erforschung der Natur zuerst dem unerreichbaren Gebiete des Himmels zugewandt und ist erst sehr spät zur eingehenderen Beobachtung der Erde und noch viel später zu derjenigen der Lebewesen übergegangen. Nur die augenfälligsten Naturvorgänge, wie Wechsel der Tages- und Jahreszeiten, Aufleben und Absterben der Natur, Elementarereignisse u. dgl. m. spielen schon eine Rolle in den Mythen des Altertums; viel eifriger beschäftigte sich dasselbe dagegen mit den Gestirnen, obgleich es zu genauerer Erforschung derselben an allen und jeden künstlichen Mitteln fehlte. Während die Mythologen sinnreiche Fabeln erfanden, um das Wesen und den Einfluß der Himmelskörper auf die irdischen Naturverhältnisse zu erklären, die Aegypter die hochpoetische Sage von Isis und Osiris, die Griechen die verwegene Fahrt Phaetons ersannen, jene um das Aufblühen, Verweiken und Wiedererwachen der lebendigen Natur, diese, um die verheerende Wirkung der afrikanischen Sonne zu versinnbildlichen, maßen ihre Astronomen den Kreislauf der Sonne am Himmelsbogen aus, setzten die Sternbilder des Tierkreises als Marksteine ihrer Bahn fest, suchten die Ursache der Klimaverschiedenheiten und des Wechsels der Jahreszeiten festzustellen und regelten die Zeitmessung nach dem Laufe der Gestirne. Bei den Chinesen finden wir schon in sehr früher Zeit urkundliche Zeugenschaft für die Kenntnis von der Bewegung der Sonne und von den Gesetzen der Finsternisse. Wir erfahren aus ihren Aufzeichnungen, daß den Hofastronomen eines ihrer alten Kaiser die Pflicht oblag, das Eintreten von Finsternissen oder anderen wichtigeren Naturereignissen im voraus anzuzeigen, und daß zwei derselben, Hi und Ho, die dieser Pflicht nicht nachgekommen waren, dem Tode durch Henkershand verfielen. Dies geschah nach den chinesischen Annalen

im 3. Jahrtausend v. Chr.; die Sternkunde mußte somit, wenn diese Annalen Anspruch auf Echtheit erheben dürfen, schon um jene Zeit in China weit vorgeschritten sein. Bei den Hindu finden sich Hindeutungen auf eine Conjunction*) sämtlicher Planeten am Schlusse des 4. Jahrtausends v. Chr. Die Babylonier und Aegypter behandelten die Sternkunde in vorwiegend rechnerischer Weise; sie legten hauptsächlich Gewicht auf möglichst genaue Bestimmung der regelmäßigen Wiederkehr bestimmter astronomischer Erscheinungen, die zur Festsetzung der Zeitrechnung dienlich sind, und haben damit der Nachwelt wertvolles Material für die Berechnung geschichtlicher Daten geliefert. Der Grieche Pythagoras, der im 6. Jahrhundert v. Chr. lebte, suchte eine Erklärung für das Haften der Gestirne am Himmelsgewölbe darin, daß er sich dieses aus einer Anzahl in einander geschachtelter Hohlkugeln von durchsichtigem Krystall zusammengesetzt dachte, in deren gemeinschaftlichem Mittelpunkte die Erde sich befand. Die Fixsterne waren nach der Vorstellung dieses berühmten Mathematikers an der äußersten der Krystallkugeln befestigt; Sonne, Mond und Planeten hatten ihre besonderen Krystallkugeln und alle diese bewegten sich in eintägiger Umdrehung um die Erde, wodurch der Auf- und Niedergang der Gestirne auf dieser in die Erscheinung trat. Ja sogar die Vorstellung, daß die Sonne der eigentliche Mittelpunkt dieser Sphärenwelt sei, soll Pythagoras in seinen Vorträgen — wenngleich in zurückhaltender Weise — bereits zur Sprache gebracht haben. Wie unklar und roh ist dagegen das Bild, das sich die alten Griechen von der Erde selbst gemacht haben, und wie lange dauerte es, bis man einen annähernd richtigen Begriff von der Gestalt und Ausdehnung der Erdteile und der sie umschließenden Meere gewann! Das ganze Mittelalter und noch ein gutes Stück der Neuzeit gingen darüber hin. Und welch geringes Interesse brachten die Kulturvölker des Altertums der Lebewelt unseres Planeten entgegen! Der große Aristoteles, der im 4. Jahrhundert v. Chr. lebte und lehrte, wußte zwar sehr viel über gewisse Einzelheiten des Tierlebens zu berichten und in seiner Tierkunde sowie in dem Werke



Aristoteles.
Nach dem Gipsabguß des Berliner Museums von einem antiken Standbilde.

* Conjunction oder Zusammenkunft nennt man diejenige Stellung zweier Gestirne in Bezug auf die Erde, in welcher sie gleiche astronomische Länge haben, d. h. vom Frühlingspunkte der Ekliptik gleich weit entfernt sind.

über „Zeugung und Entwickelung der Tiere" teilt er mancherlei mit, was auf gründliche wissenschaftliche Forschung schließen läßt; so kennt er z. B. schon die Säugetier-Natur der Waltiere insofern, als er weiß, daß sie durch Lungen atmen und lebendige Junge gebären. Aber sein Erkenntnisvermögen dringt nicht tief genug in die Sache ein, um zu einer bestimmten Schlußfolgerung zu gelangen. Er weist diesen Tieren in seiner Einteilung der Tierwelt, die neun Gattungen (lebendig gebärende Vierfüßler, Vögel, Waltiere, eierlegende Vierfüßler, Fische, Weichtiere, vielfüßige Weichtiere, vielfüßige Kerbtiere und fußlose Schaltiere) unterscheidet, den Platz in einer besonderen Gruppe an, die er zwischen die lebendig gebärenden Vierfüßler und die Vögel und eierlegenden Vierfüßler, wie er die Reptilien und Lurche nennt, einreiht. Er ist genau unterrichtet über gewisse auf die Fortpflanzung niederer Tiere bezügliche Einzelheiten, aber daneben findet man bei ihm wieder Irrtümer in Sachen, die einfach durch Untersuchung hätten gehoben werden können. Ueber Fragen, zu deren Lösung es eines tieferen Eindringens in den Geist der Natur bedurft hätte, half er sich durch Aufstellung von vagen Begriffsbezeichnungen hinweg. So verband er beispielsweise mit dem Begriff der „Materie" die Vorstellung, daß diese ihre Formbestimmung dem Keime nach als etwas Selbstverständliches in sich trage, wodurch es ihm leicht wurde, alle Veränderungen aus dem Wesen des sich Verändernden herzuleiten. Die Urkörper unterscheidet er einfach nach den möglichen Bewegungsformen: der kreisförmigen, der dem Mittelpunkte zustrebenden und der von diesem sich entfernenden. Die kreisförmige Bewegung gilt ihm als die vollkommenste, weil ihr keine andere gegensätzlich gegenüber steht, und er weist sie deshalb den „schweren Körpern" zu, wogegen er die beiden anderen einander entgegengesetzten Bewegungsformen den „leichten" Körpern zuschreibt, die er auf Grund ihrer gegensätzlichen Bewegungsformen ebenfalls als Gegensätze hinstellt. Auf Grund dieser Einteilung unterscheidet er dann zwischen der Erde als absolut schwerem und dem Feuer als absolut leichtem Körper und stellt zwischen beide Wasser und Luft als Zwischenstufen. Diese Anschauungsweise überträgt er auf den Kosmos, indem er den schweren Urkörper Erde in den Mittelpunkt desselben stellt, den ihm am nächsten stehenden Urstoff, das Wasser, zur Ausfüllung der Höhlungen des ersteren benutzt, beide mit dem dritten Urstoffe, der Luft, umhüllt, einen Feuerkreis darum zieht und das Ganze mit der Hohlkugel des Himmels umgiebt, die er sich täglich um die Erde drehen läßt. Außerhalb dieser Weltkugel giebt es für Aristoteles nichts mehr, denn den Begriff der Unendlichkeit des Raumes verwirft er ebenso wie den der Stetigkeit, d. h. der unendlichen Fortdauer. Als letzten Grund aller Dinge stellt er einen übernatürlichen „unbewegten Beweger" hin, der sich mit dem monotheistischen Gottesbegriffe in der Hauptsache deckt. Mit der Einteilung des Weltraumes in ein sublunares, d. h. unterhalb des Mondes gelegenes Gebiet, das er als die Region der Unvollkommenheit bezeichnet, und in eine jenseits des Mondes beginnende obere Region der absoluten Vollkommenheit, verläßt Aristoteles das naturwissenschaftliche Gebiet gänzlich und steigt auf das Niveau des einfachen Naturmythus herab, indem er die Gestirne beseelt und ihnen den Rang von Göttern zuweist. Immerhin hat der Scharfblick dieses Philosophen aus der Naturanschauung manchen Gedanken geschöpft, der im Lehrgebäude der modernen Naturwissenschaft eine wichtige Rolle spielt. So erkannte er beispielsweise in den Versteinerungen, die andererseits nicht nur von seinen Zeitgenossen, sondern auch von den Gelehrten späterer Jahrhunderte bis tief in die Neuzeit hinein als bloße Zufallsgebilde oder Naturspiele angesehen wurden, die wirklichen Ueberreste einstiger Lebewesen. Trotz seiner bereits erwähnten Ansicht, daß die Materie ihre Formbestimmung bereits im Keime in sich trage, hält er die sogenannte Urzeugung, d. i. die Entstehung organischer Wesen aus unorganischen Stoffen, für eine ausgemachte Thatsache und läßt beispielsweise Motten aus Wolle, Flöhe aus faulem Mist, Milben aus feuchtem Holze entstehen. Auch in Bezug auf das Verhältnis zwischen Leib und Seele steht Aristoteles auf völlig modernem Standpunkte, indem er beide als eins erklärt, wie Form und Stoff, Auge und Sehkraft, so daß für ihn der Begriff der Seele sich deckt mit der thatsächlichen Lebendigkeit des vermöge seiner Organisation lebensfähigen Körpers. Allerdings hat er auch einen besonderen Begriff

des Geistes aufgestellt, der in seiner reinen Form vom Stoffe trennbar ist und keine körperlichen Organe zur Ausübung seiner Thätigkeit bedarf. Doch hat dieser Begriff nur die Bedeutung eines Produktes philosophischer Spekulation, und Aristoteles selbst unterscheidet scharf zwischen dieser Form des Geistes, die er als „thätige Vernunft" bezeichnet und der „leidenden Vernunft", die an den sinnlichen Stoff gebunden ist und mit dem Organismus, dem sie angehört, lebt und vergeht.

Wie wenig sich die Philosophen des Altertums in das Studium der Natur im Kleinen vertieft haben, geht aus der groben Unkenntnis hervor, in der sie sich hinsichtlich der Beschaffenheit und Wirkungsweise der wichtigsten Organe des tierischen und menschlichen Körpers befanden. Das Herz war für sie einfach die Wärmequelle des Körpers. Bei den Vögeln glaubten namhafte Philosophen an die Befruchtung mittels des Schnabels, vom Wiesel glaubte man, daß es seine Jungen durch die Mundöffnung an das Tageslicht befördere. Der Forschungsdrang strebte eben ins Weite, in den Makrokosmos*) hinaus und hielt sich von dem Nahen, dem Mikrokosmos, fern. Aber auch in Bezug auf diesen fehlten den Alten die nötigen Hilfsmittel; die Wissenschaft mußte erst diese selbst ersinnen, um durch sie jene künstliche Steigerung und Vervollkommnung des sinnlichen Wahrnehmungsvermögens zu erzielen, die sie zur Erkenntnis aller jener Erscheinungen und Vorgänge im Naturleben befähigte, welche sich nicht ohne weiteres mittels der Sinnesorgane wahrnehmen und unmittelbar aus der Wahrnehmung beurteilen lassen. Nachdem die Denkfähigkeit des Menschen so weit vorgeschritten war, daß er von der einfachen Beobachtung der Naturgegenstände zur vergleichenden und verbindenden Betrachtung derselben übergehen und aus den wahrgenommenen Thatsachen zur Erkenntnis ihres gesetzmäßigen Zusammenhanges gelangen konnte, genügte ihm das bloße Aufspeichern des aus unmittelbarer Anschauung gewonnenen Erfahrungsmateriales nicht mehr, sondern er suchte auch den Entwickelungsgang dieser Erscheinungen und Vorgänge zu erkennen, um schließlich zur Erkenntnis der wahren Ursachen derselben vorzudringen. Dazu reichten aber die von einem Einzelnen gewonnenen Erfahrungen nicht aus; es mußten die Erfahrungen Vieler gesammelt und auf denselben weiter gebaut werden, um eine solche Fülle von Material zusammen zu bekommen, daß dasselbe zur Aufrichtung eines förmlichen Lehrgebäudes, zur Begründung einer Wissenschaft ausreichte. Das künstliche Mittel, durch das dies erreicht werden konnte, war die Schrift. Sie ermöglichte es, den von den Einzelnen aufgesammelten und bearbeiteten Erfahrungsschatz dauernd festzuhalten und zur Fortführung der Arbeit anderen zugänglich zu machen. Das geschriebene Wort bedurfte aber vielfach noch der besseren Veranschaulichung durch das Bild, und da es bei diesem für wissenschaftliche Zwecke vor allem auf die Genauigkeit der Maße ankommt, so mußten Instrumente geschaffen werden, die zur richtigen Aufnahme und Wiedergabe der Maße geeignet erschienen. Meßinstrumente einfachster Art für den täglichen Gebrauch waren gewiß schon zur Zeit der ersten Anfänge menschlicher Kultur vorhanden und es handelte sich daher nur darum, sie für die Zwecke der Wissenschaft entsprechend zu vervollkommnen, der die einfache Messung von Länge, Breite und Höhe greifbarer Körper nicht genügen könnte, sobald sie die Raummessung auf Gebiete auszudehnen für nötig fand, die — wie z. B. die Himmelskörper — dem Menschen nicht zugänglich sind. Die Heranziehung der Gestirne als Hilfsmittel zur Raummessung wurde nicht nur von den Geographen, sondern auch von den Seefahrern schon früh geübt. Auch zur Messung der Zeit bediente man sich bereits im grauen Altertum der Gestirne, des

*) Das Wort „Kosmos" stammt aus dem Griechischen und bedeutet s. v. w. eine geordnete Verfassung; im Besonderen wird durch dasselbe der Begriff der Weltordnung und zugleich derjenige des Weltalls oder Universums bezeichnet. Die Alten verstanden unter „Kosmos" die Himmelskugel, die sie für ein beseeltes Wesen, meist auch für die höchste Gottheit selbst hielten; für uns ist Kosmos das Weltganze, namentlich in Beziehung auf die Verhältnisse der Weltkörper untereinander. „Makrokosmos", zu deutsch „große Welt", nannten die Philosophen des Mittelalters die als ein einheitlicher Organismus aufgefaßte Welt im Ganzen; „Mikrokosmos" (Welt im Kleinen) den menschlichen Organismus; unter dieser Bezeichnung faßt man aber auch die ins unendlich Kleine sich verlierenden Einzelheiten des organischen Lebens im Allgemeinen zusammen.

Tierkreises, der Sonnen- und Mondbahn als der zuverlässigsten Anhaltspunkte; doch kannten und benutzten schon die Alten Zeitmeßinstrumente wie Sand-, Wasser- und Sonnenuhren, die freilich nur sehr unvollkommene Dienste leisten konnten. Erst das späte Mittelalter brachte es zur Herstellung von Uhren mit Geh- und Schlagwerken; die Pendeluhr ist eine Erfindung des 17. Jahrhunderts, die für nautische und wissenschaftliche Zwecke heute unumgänglich notwendigen Präcisionsuhren (Chronometer) wurden erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts erfunden. Zur Bestimmung des Gewichtes der Körper hatte man ebenfalls schon im frühen Altertum Wagen im Gebrauche; ihre Vervollkommnung zu wissenschaftlichen Zwecken fällt mit der Zeit zusammen, in der sich die Kenntnis vom Wesen und der Zusammensetzung des Stoffes bereits zu einer eigenen Wissenschaft, der Chemie, entwickelt hatte. Von der höchsten Bedeutung als wissenschaftliche Hilfsmittel sind aber diejenigen Instrumente, vermittelst derer das Sehvermögen erhöht, der menschliche Gesichtskreis somit wesentlich erweitert wurde. Ihre Wirkung besteht darin, daß sie den damit betrachteten Gegenstand vergrößern, entfernte Gegenstände somit dem Auge gleichsam näher rücken, kleine Gegenstände, die für das unbewaffnete Auge nur undeutlich oder gar nicht sichtbar sind, mehr oder weniger erkennbar machen. Ihre Erfindung gehört der Neuzeit an und bezeichnet einen der wichtigsten Abschnitte in der Entwickelung der Naturwissenschaften. Im gleichen Maße wie durch die Erfindung des Fernrohres die Sternkunde einen großartigen Aufschwung genommen hat, ist durch das Mikroskop das Dunkel, das bis zu seiner Erfindung mit Bezug auf das organische Leben geherrscht hat, aufgehellt worden.

Ein wichtiges Hilfsmittel der Wissenschaft ist das Experiment, d. i. das versuchsweise Verfahren, durch selbstthätigen Eingriff in den gewöhnlichen Gang der Naturerscheinungen die Richtigkeit einer aus theoretischen Schlußfolgerungen hergeleiteten wissenschaftlichen Annahme erfahrungsmäßig festzustellen. Dem Experiment verdanken wir die Kenntnis des Magnetismus und der Elektricität, der Zerlegbarkeit des Lichtes und der Benutzung dieser Eigenschaft zur Erkenntnis der Zusammensetzung leuchtender Gegenstände (Spektralanalyse), die bedeutendsten Kenntnisse auf chemischem und physiologischem Gebiete, kurz den allergrößten Teil der wichtigsten Entdeckungen auf naturwissenschaftlichem Gebiete. Zum Experimentieren bedarf der Naturforscher einer außerordentlich großen Zahl künstlicher Hilfsmittel, deren Erfindung und Vervollkommnung zum großen Teile ebenfalls erst in die neue und neueste Zeit fällt. Der menschliche Geist und die menschliche Kunstfertigkeit mußten bereits eine hohe Entwickelungsstufe erreicht haben, um diese Hilfsmittel zu ersinnen und herzustellen; ungleich höher stehen aber die durch ihre erfolgreiche Anwendung erzielten Fortschritte der Wissenschaft.

In den folgenden Kapiteln werden wir die Entwickelungsgeschichte dieser Fortschritte in den verschiedenen Zeitaltern in Kürze kennen lernen.

Zweites Kapitel.

Die wissenschaftliche Naturerkenntnis im Altertum.

Wir haben bereits gesehen, daß die Naturwissenschaft des Altertums sehr mangelhaft war und auch gar nicht anders sein konnte, weil die nötigen Hilfsmittel zu ihrer Förderung noch fehlten. Wenn wir die elementaren Grundlagen der Wissenschaft: die Physik oder Lehre der Naturgesetze in hauptsächlicher Beziehung zu den Naturkräften und die Chemie oder Lehre von den stofflichen Eigenschaften der Körper und der dieselben betreffenden Veränderungen, nebst den Ergebnissen derselben, die von der beschreibenden Naturwissenschaft — auch Naturgeschichte genannt — verwertet werden, betrachten, so finden wir, daß das Altertum auf allen diesen Gebieten nur verhältnismäßig geringe, auf dem Gebiete der Chemie aber fast gar keine Leistungen von wissenschaftlicher Bedeutung aufzuweisen hat. Da das meiste, was

uns aus jener Zeit erhalten geblieben ist, von den Griechen herrührt, so haben wir uns hier auch vornehmlich mit diesen zu beschäftigen. Neben der dichterischen Veranlagung tritt aber bei den alten Hellenen die Neigung zur Uebertreibung, zum „Fabulieren", überall hervor und es ist erstaunlich, mit welch entgegenkommender Leichtgläubigkeit ihre Schriftsteller die Sagen und das Geschwätz in ihre Schriften aufgenommen haben, die sie von den Bewohnern fremder Länder oder von Reisenden ihrer eigenen oder anderer Nationen, die solche Länder besucht hatten, zu hören bekamen. So erzählt Herodot, der im 6. und 5. Jahrhundert v. Chr. gelebt und selbst große Reisen gemacht hat, von einäugigen Menschen, den sogenannten Arimaspen, die im äußersten Nordosten Asiens gewohnt haben und fortwährend in Kämpfe mit Greifen — den geflügelten Löwen der alten Assyrer — verwickelt gewesen sein sollen, die goldene Schätze behüteten, nach denen jenes einäugige Volk begierig gewesen sein soll. Ferner erzählt er von Menschen mit Hundsköpfen und von solchen, die ganz ohne Kopf waren und ihre Augen auf der Brust hatten. Ktesias, ein griechischer Geschichtsschreiber, der im 4. Jahrhundert v. Chr. lebte und sich lange am persischen Hofe als Leibarzt aufgehalten hatte, berichtet von auf Kranichen reitenden Zwergen, den sogenannten Pygmäen („Fäustlinge"), von denen übrigens schon Homer zu erzählen wußte, sowie von einbeinigen Läufern, die ihre riesigen Plattfüße, wenn sie sich zum Ausruhen auf den Rücken hinlegten, als Sonnenschirme benutzten. Andere wußten von Menschen mit nach hinten gewendeten Sohlen und Zehen, von phönikischen Riesentieren zu berichten, deren Euter von den Melkenden nur mittels Leitern zu erreichen waren, und sehr lange erhielt sich die Fabel von der Baumgans, die als Frucht auf Bäumen am Meeresstrande wuchs und, nachdem sie zur Reife gelangt, unmittelbar ins Wasser fiel, um sich sofort auf demselben lustig herumzutummeln. Der griechische Arzt Nikander war nach Plinius Erfinder oder Nacherzähler der Fabel vom Hirten Magnes, der durch den nach ihm benannten Magnetstein der Nägel seiner Sandalen und der Eisenspitze seines Hirtenstabes beraubt wurde. Kurz, die Fabelwelt spielte überall in die Anschauungen und Aufzeichnungen der Alten hinein und auf genaue Erforschung derjenigen Erscheinungen und Vorgänge in der Natur, die der Beobachtung ohne weiteres zugänglich waren, legten sie wenig Gewicht. So erzählt beispielsweise Plinius, daß von Cratenas, Dionysius und Metrodorus Abbildungen von Pflanzen geliefert worden seien, die aber in den verschiedenen Niederschriften ihrer Bücher jedesmal anders ausgesehen hätten, so daß sie den Leser nur irreführen konnten. Der gleiche Gesichtspunkt dürfte wohl auch für andere Gelehrte des Altertums maßgebend gewesen sein, da es ihren Werken an dem so unumgänglich notwendigen Veranschaulichungsmittel des Bildes fehlt. Unter diesen Werken finden sich einige, die das Pflanzenreich behandeln, so dasjenige des Theophrastus von Eresos, eines Schülers des Aristoteles, der im 3. Jahrhundert v. Chr. lebte; der ältere Cato schrieb ein Buch über den Ackerbau, worin die Pflanzenwelt aus dem Gesichtspunkte des Landmannes betrachtet wird, und von Pedanius Dioskorides (im 1. Jahrhundert n. Chr.) rührt ein die Bedeutung der Pflanzen für die Heilkunde behandelndes Werk her. Was die Tierwelt betrifft, so soll sich schon Alkmäon von Kroton (im 6. Jahrhundert v. Chr.) mit der Zergliederung von Tieren und der Erforschung der Einzelheiten ihres Baues befaßt haben; bedeutender auf diesem Gebiete waren jedenfalls die Arbeiten des Aristoteles, welchem sein berühmter Schüler Alexander der Große aus allen Teilen Asiens die seltensten Tiere zusenden ließ, um ihm Stoff zur Beobachtung zu geben. Er untersuchte den äußeren und inneren Bau einer großen Zahl von Tieren und wandte besonders seine Aufmerksamkeit den Unterschieden zu, die sich im Vergleich zu den entsprechenden Teilen des menschlichen Körpers herausstellten. Seiner Klassifikation der Tierwelt, die den ersten Versuch einer systematischen Gliederung derselben darstellt, haben wir bereits im vorhergehenden Kapitel gedacht. Außer Aristoteles finden wir aber im Altertum fast keinen das ganze Gebiet der Naturerkenntnis umfassenden Geist. Der in der Geschichte der Naturwissenschaften vielgenannte Plinius, der im 1. Jahrhundert n. Chr. lebte und eine „Historia naturalis" (Naturgeschichte) in 37 Büchern verfaßt hat, sammelte in diesem Werke nur Notizen aus den verschiedensten griechischen

und lateinischen Werken, bei deren Auswahl er keineswegs mit kritischem Verständnis vorgegangen ist. Der eigentliche Wert, den sein Buch für die Wissenschaft hat, besteht darin, daß man aus demselben entnehmen kann, welch ein Wirrsal von Fabeln und unreifen Anschauungen den Gesamtinhalt der Naturerkenntnis jener Zeit bildete. Aus diesem Chaos griff nun Plinius alles heraus, was ihm unter die Finger kam, und es ist bezeichnend für den unermüdlichen Sammler, daß die letzte Notiz, die er für sein Werk aus eigener Anschauung gewinnen wollte, ihn das Leben kostete. Bei dem fürchterlichen Ausbruche des Vesuvs im Jahre 79 n. Chr., der die blühenden Städte Pompeji, Herculanum und Stabiä verschüttete, befand sich Plinius — nach dem Berichte, den sein Neffe, Plinius d. J., in einem Briefe an Tacitus über dieses Ereignis niedergelegt hat — zu Misene, einem Vorgebirge am nordwestlichen Ende der Nordküste des Golfes von Neapel, in seiner Eigenschaft als Befehlshaber der dort stationierenden Flotte. Von seiner Schwester auf das Erscheinen einer außerordentlich großen und eigentümlich gestalteten Wolke aufmerksam gemacht, machte er sich sofort auf den Weg nach einer nahe gelegenen Höhe, von wo aus er diese Naturerscheinung näher beobachten wollte. Man erkannte bald, daß jene Wolke nichts anderes war als eine aus dem Vesuv pinienförmig emporsteigende Rauchsäule. Plinius erkannte alsbald die außerordentliche Bedeutung dieser Erscheinung und ließ, vom Wissensdurste des echten Amateurs beseelt, sofort ein Fahrzeug zur Abfahrt rüsten, um sich an den Ort zu begeben, von welchem die Erscheinung ausging. Auf das Zureden Retinas, eines Beamten der Flotte, änderte Plinius jedoch seine Absicht; er ließ das ganze Geschwader auslaufen und nahm den Kurs gegen Stabiä. Inzwischen hatte die Rauchwolke sich genähert und es entlud sich aus derselben ein heißer Aschenregen, der mit Steinen vermischt war, die Schiffe bedeckte und da, wo er längs des Strandes ins Wasser fiel, Untiefen bildete. Vom Gipfel des Vesuvs stürzten Trümmer in die Tiefe und bildeten längs des Strandes einen Damm, an dem die Meeresflut sich staute. In Stabiä traf Plinius den Pomponianus, einen seiner Unterbefehlshaber, in größter Aufregung; dieser hatte bereits alles Gepäck nach den Schiffen bringen lassen und war entschlossen, ins offene Meer hinaus zu flüchten. Plinius suchte ihn zu beruhigen und ließ sich, um durch seine eigene Kaltblütigkeit den Anderen ein gutes Beispiel zu geben, nach dem Bade tragen. Danach nahm er in heiterster Stimmung die Abendmahlzeit ein. Inzwischen war der Ausbruch immer heftiger geworden und die unheimliche Glut des dem Vesuv entquellenden Feuerstromes leuchtete im Verein mit dem Flammenschein brennender Häuser und Anlagen an den Hängen des Berges durch das Dunkel der bereits hereingebrochenen Nacht. Plinius aber begab sich zur Ruhe und schlief fest, während sich der Hof des Hauses, in dem er sich befand, mit Asche und Steinen dermaßen bedeckte, daß die Ausgänge sich zu verstopfen anfingen. Man weckte ihn endlich, denn es schien um so weniger geraten, in den Häusern zu bleiben, weil der Boden fortwährend durch starke Erdstöße erschüttert wurde, die den Einsturz der Dächer herbeizuführen drohten. Der Tag war bereits angebrochen, als man sich, die Köpfe zum Schutz gegen die aus der Höhe niederstürzenden Steine in Kissen gehüllt, auf die Flucht machte. In der Umgebung des Vesuvs aber herrschte noch, infolge des dichten Aschenregens, die tiefste, nur durch das Leuchten des Feuerscheines erhellte Nacht. Man wandte sich der Küste zu, um wenn möglich ins offene Meer hinauszugelangen. Für Plinius war am Strande ein Segel ausgebreitet worden, auf das er sich hinstreckte; allein die Heftigkeit der Flammen und der Schwefelgeruch trieben seine Begleiter bald in die Flucht. Auch Plinius wurde genötigt, sich zu erheben und, auf zwei Sklaven gestützt, die Flucht zu versuchen; doch vermochte der alte, kränkliche Mann der erstickenden Wirkung der Schwefeldämpfe nicht länger zu widerstehen. Man mußte ihn zurücklassen und am zweitnächsten Tage fand man seine Leiche ohne jede äußerliche Verletzung dort, wo die Sklaven sie verlassen hatten.

Das war das Ende dieses für die Naturerkenntnis begeisterten Mannes, der aber trotz aller Wißbegierde nicht befähigt war, seinerseits aus eigener Kraft auch nur das Mindeste zur Bereicherung der Wissenschaft beizutragen. Im Allgemeinen waren die Philosophen des Altertums geneigt, ihre Naturerkenntnis auf dem Wege der Deduktion,

d. h. eines Denkverfahrens zu gewinnen, das, von einer allgemeinen Anschauung ausgehend, aus dieser das Besondere abzuleiten sucht, während die moderne Naturwissenschaft gerade den umgekehrten Weg verfolgt, indem sie durch Induktion allgemeine Gesichtspunkte aus der Beobachtung der besonderen Einzelheiten zu gewinnen strebt. Da aber gerade in der Natur die allgemeinen Begriffe, wenn sie nicht aus sorgfältig gesammelten, reichen Erfahrungen im Einzelnen hergeleitet und durch solche fest begründet sind, nur sehr unbestimmter, vielfach rein willkürlicher Art sein können, so ist es klar, daß aus dieser antiken Art der Naturbetrachtung für die Wissenschaft kein Gewinn hervorgehen konnte. Namentlich war das so außerordentlich ergiebige Arbeitsfeld des Experimentes den Alten so gut wie verschlossen, denn sie konnten bei der Unbestimmtheit ihrer allgemeinen Vorstellungen deren Anwendung auf die Wirklichkeit nicht durch den Versuch herbeiführen. Der Schwerpunkt alles wissenschaftlichen Strebens im Altertum lag in der Spekulation, in der Aufrichtung großartiger Gedankengebäude. Die einzige exakte Wissenschaft der Alten war die Mathematik. Ganz vereinzelte Ausnahmen sind die Untersuchungen des Syrakusaners Archimedes (im 3. Jahrhundert v. Chr.) über den Hebel, seine Erfindung der Wasserschraube, die noch heute zum Heben des Wassers auf geringe Höhe benutzt wird und die ihm — allerdings zum Teil mit Unrecht — zugeschriebene Entdeckung des sogen. Archimedischen Principes, das zur Ermittelung des specifischen Gewichtes*) der Substanzen durch Eintauchen derselben in Wasser geführt hat, — ferner die Optik des Euklides (im 3. Jahrhundert v. Chr.), die Untersuchungen des Hero von Alexandria (im 2. Jahrhundert v. Chr.) über die physikalischen Eigenschaften der Luft und des Wassers und jene der Pythagoräischen Schule (6.—4. Jahrhundert v. Chr.) über die Tonverhältnisse durch Vergleichung der Saitenlänge am Monochord (einsaitigem Instrument). Zwar betonte Aristoteles, und vor ihm schon

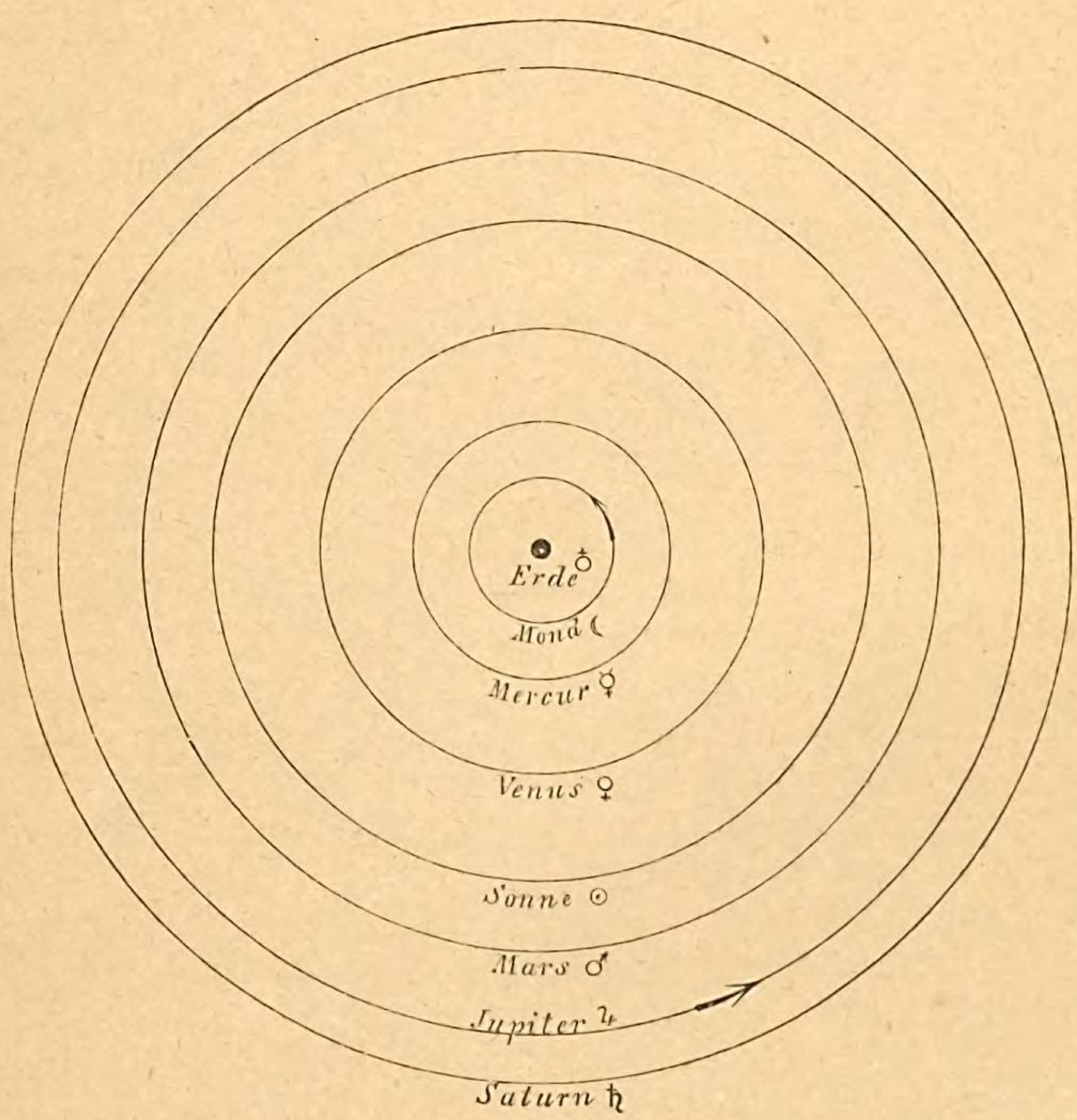
---

*) Unter specifischem Gewicht einer Substanz versteht man das Gewicht einer bestimmten Menge derselben verglichen mit dem Gewichte einer gleichen Menge von einer anderen Substanz. Diese zum Vergleich herangezogene zweite Substanz ist für feste und tropfbar flüssige Körper das Wasser, für Gase und Dämpfe die atmosphärische Luft. Wenn also beispielsweise das specifische Gewicht von Eisen durch die Zahl 7,84 ausgedrückt wird, so heißt das, daß eine bestimmte Menge Eisen 7,84 mal so schwer ist, als eine gleiche Menge Wasser, während die Zahl 0,0692 das specifische Gewicht des Wasserstoffes in dem Sinne bezeichnet, daß eine bestimmte Menge dieses Gases nur 0,0692 Zehntausendteile, also noch nicht 7% des Gewichtes einer gleichen Menge atmosphärischer Luft hat. Das specifische Gewicht fester und tropfbar flüssiger Körper wird mittels der hydrostatischen oder Schwimmwage gefunden, deren Einrichtung auf dem Gesetze beruht, wonach ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper so tief in diese einsinkt, daß ein dem eingesunkenen Teile gleiches Volumen (Raummaß) der Flüssigkeit ebenso viel wiegt, als der ganze schwimmende Körper. Dieses Gesetz ist nun wieder abgeleitet von dem Archimedischen Princip, vermöge dessen jeder in eine Flüssigkeit eingetauchter Körper von seinem Gewichte so viel verliert, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt. Archimedes hat aber keineswegs die Bedeutung des diesem Princip zu Grunde liegenden Gesetzes in dem hier angegebenen Sinne erkannt und ausgenutzt, sondern bloß die Eigenschaft der Formanpassung der Flüssigkeiten zur Ausfindigmachung des Volumens fester Körper benutzt, indem er diese in ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäß tauchte, die Menge der hierdurch verdrängten Flüssigkeit mittels eines Hohlmaßes feststellte und darnach den Körperinhalt des eingetauchten Gegenstandes bestimmte. Es handelte sich nach der Ueberlieferung um die Prüfung des Goldgehaltes einer Krone, die der König Hiero II. von Syrakus sich hatte anfertigen lassen, und die aus reinem Golde hergestellt sein sollte, nach des Königs Mutmaßung aber einen Zusatz von Silber enthielt. Das Gewicht von Gold und Silber war bekannt; ließ sich der körperliche Inhalt der Krone gleichfalls genau feststellen, so war am Gewicht der Krone sofort zu erkennen, ob dieselbe wirklich aus reinem Golde verfertigt war oder ob und wieviel Silber sie enthielt. Die Bestimmung des Körperinhaltes eines Gegenstandes von so vielfach gegliederter Form hatte aber natürlich ihre großen Schwierigkeiten, und Archimedes, dem der König die Untersuchung des Falles übertragen hatte, befand sich in nicht geringer Verlegenheit. Da geschah es, daß er, um ein Bad zu nehmen, in eine bis zum Ueberlaufen gefüllte Wanne stieg, wobei natürlich eine Wassermenge verdrängt und zum Auslaufen gebracht wurde, die dem Rauminhalte des eintauchenden Körpers entsprach. Mit dem Ausrufe: „Heureka (Ich hab's gefunden)!", der seither zum geflügelten Worte geworden ist, sprang Archimedes aus dem Bade und eilte nach Hause, um mit der Krone des Königs die der eben gewonnenen Erfahrung entsprechende Wasserprobe vorzunehmen. Darnach hätte Archimedes eben nur ein praktisches Verfahren zur Bestimmung des Körperinhaltes unregelmäßig geformter Gegenstände, nicht aber das Gesetz gefunden, dem man seinen Namen gegeben hat.

Eudoxus, den hohen Wert der sinnlichen Wahrnehmung und der daraus geschöpften Erfahrung gegenüber der Spekulation, aber seine Beobachtungen reichten für ihn selbst nicht aus, um jene zu verdrängen, und so verharrte auch er, wie wir bereits gesehen haben, bei der Hypothese der durchsichtigen, ineinander geschachtelten Himmelssphären. Erst mit Hipparch, der im 2. Jahrhundert v. Chr. lebte, beginnt das Zeitalter der wissenschaftlichen Himmelskunde. Seine Beobachtungen übertrafen die vor ihm angestellten bei weitem an Genauigkeit und bildeten die Grundlage zur Bestimmung der Gesetze der scheinbaren Planetenbewegung und zur Aufstellung von Tafeln, aus denen jene berechnet werden konnte. Von ihm rührt auch die genauere Bestimmung der Jahreslänge, der Entfernungen und der Größe der Sonne und des Mondes, sowie die Berechnung der Excentricität der Sonne (oder, richtiger gesagt, der wechselnden Entfernung der Erde von der Sonne während ihres Umlaufes um diese) her. Die wahrscheinlich schon von den Aegyptern und babylonischen Astronomen herstammende Vorstellung, nach welcher die Bewegung der Planeten in sogenannten Epicykeln, d. h. im Umfange eines Kreises, stattfindet, dessen Mittelpunkt auf einem anderen Kreise sich fortbewegt, suchte Hipparch durch eine andere zu ersetzen, die auf der Annahme beruhte, daß die Erde eine excentrische Stellung innerhalb der kreisförmigen Sonnenbahn einnehme, und auf Grund dieser Anschauungsweise stellte er dann seine Sonnentafel auf, die noch lange nach ihm den Astronomen des Altertums gute Dienste leistete. Auch seine Mondtafel, deren Grundlage allerdings die durch Rückschluß aus den gemachten Beobachtungen künstlich gewonnene Annahme bildete, daß auch der Mond eine derjenigen der Planeten ähnliche epicyklische Bewegung habe, reichte zur Bestimmung der Zeiten des Neu- und Vollmondes und der Finsternisse vollkommen aus. Der wissenschaftliche Geist des Hipparch war scharfsichtig genug, um die Willkürlichkeit der Grundlagen seiner Berechnungen zu erkennen, und im Gegensatze zu andern Gelehrten alter und neuer Zeit nahm er keineswegs für seine Hypothesen den Charakter der Unfehlbarkeit in Anspruch, sondern beschied sich damit, dieselben als ein Mittel zu erkennen, durch das sich die Vorgänge am Himmel erklären lassen. Wie sehr er den Vorrang der direkten Beobachtung vor aller Spekulation anerkannte, beweist unter anderem die Thatsache, daß ihn das plötzliche Erscheinen eines neuen Sternes sofort veranlaßte, ein genaues Verzeichnis der seiner Beobachtung zugänglichen Fixsterne unter Bestimmung ihrer Oerter aufzustellen. Bis dahin hatte man sich damit begnügt, die Gestirne zu Sterngruppen zu vereinigen, denen man bestimmte Namen gab und die man auch bildlich zu veranschaulichen suchte, weshalb sie als „Sternbilder“ bezeichnet wurden. Einzelne dieser Sternbilder, wie der Große Wagen, der Orion und die Gluckhenne mit ihren Küchlein (von den Griechen Plejaden genannt) finden schon in der Bibel — im Buche Hiob — Erwähnung; andere wie das Schiff Argo, das goldene Vließ und der Drache lassen ihren Ursprung aus der griechischen Sagenwelt erkennen, und bereits in der Homerischen Odyssee wird geschildert, wie die Seefahrer den Kurs ihrer Schiffe nach den Sternen einrichteten. Dem wissenschaftlich veranlagten Geiste Hipparchs genügte aber diese willkürliche Zusammenstellung der Gestirne nicht; er zerlegte dieselben in ihre einzelnen Bestandteile und bestimmte für 1026 Fixsterne genau die Stellung, die sie am Firmament einnahmen. Das Verzeichnis derselben ist eines von den zwei Werken Hipparchs, die uns allein noch erhalten geblieben sind, und auch dieses verdanken wir der Vermittelung des Ptolomäus und der Araber. Claudius Ptolomäus, auf den wir später noch zu sprechen kommen werden, nahm das Fixsternverzeichnis des Hipparch in sein „großes astronomisches System“ auf, das gleichfalls in der Urschrift verloren ging, jedoch im 9. Jahrhundert n. Chr. unter dem Namen „Almagest“ ins Arabische übersetzt wurde und darnach im Mittelalter und in der Neuzeit noch wiederholte Uebertragungen in andere Sprachen erfuhr. Auch als Begründer der mathematischen Geographie ist Hipparch anzusehen, da von ihm die Bestimmung der Lage von Orten auf der Erdoberfläche nach der geographischen Länge und Breite*) herrührt.

*) Kreise, die in bestimmten Abständen (Graden, Minuten und Sekunden) über die Oberfläche der Erdkugel so gelegt werden, daß sie alle sich in den beiden Endpunkten (Polen) der Erdachse

Ein Nachfolger des Hipparch, Posidonius, erkannte die Abhängigkeit der Ebbe und Flut vom Mondstande und bestimmte bis auf ein Achtel annähernd die Entfernung des Mondes von der Erde; auch die Entfernung der Sonne von der Erde gab er an, nahm sie aber um ungefähr die Hälfte zu kurz an. Zu höchstem Ruhme von allen Astronomen des Altertums gelangte Claudius Ptolemäus, der im 2. Jahrhundert n. Chr. in Alexandria lebte und die Beobachtungen seiner Vorgänger zu einem System vereinigte, das nach ihm das Ptolemäische System genannt wird und fast durch anderthalb Jahrtausende eine herrschende Stellung in der astronomischen Wissenschaft behauptete. Aber auch Ptolemäus konnte sich von der Anschauung der Alten, nach der die Erde den Mittelpunkt des Weltalls bildet, nicht trennen, und der Fortschritt in seinem Weltsystem bestand nur darin, daß er dasselbe auf Grund der genaueren Beobachtungen seiner Zeit zu einem noch verwickelteren, aber dafür freilich noch besser funktionirenden Mechanismus ausgestaltete. Die Zahl der Ptolomäischen Epicyklen belief sich auf fünfundfünfzig. Die Kreisbahnen, auf denen die epicyklische Bewegung der Planeten nach der Ptolemäischen Auffassung um die Erde sich bewegten, folgten einander in der aus der nebenstehenden Abbildung ersichtlichen Reihenfolge, in der die Sonne den vierten Platz einnahm, während Plato Mond und Sonne als die der Erde am nächsten stehenden Himmelskörper ansah und dann erst Merkur, Venus und die übrigen Planeten folgen ließ. Wie unsere Abbildung zeigt, steht die Erde nicht genau im Mittelpunkte des Ptolemäischen Weltsystems; es hängt dies damit zusammen, daß Ptolemäus — wie auch bereits Hipparch — trotz der völligen Unzulänglichkeit ihrer Beobachtungsmittel erkannten, daß die Bewegungen der Planeten, ebenso wie die von Sonne und Mond, nicht jene Gleichförmigkeit zeigten, die vorausgesetzt werden mußte, wenn man ihre Laufbahn als eine vollkommene Kreislinie ansah. Das geographische Werk des Ptolemäus „Anleitung zur Erdbeschreibung“ enthält in der Hauptsache tabellarische Ortsbestimmungen nach der Hipparchischen Methode, zu denen er das Material größtenteils aus den Schriften des Marinus von Tyrus entlehnt hat. Da sich dieses Werk auf einen großen Teil der zur Zeit des Ptolemäus bekannten Erde erstreckt und im Einzelnen mit großer Gewissen-



Weltsystem nach Ptolemäus.

---

schneiden (die sogenannten Meridiane) und andere, ebenfalls in bestimmten Abständen über die Erdoberfläche gezogene Kreise (die sogen. Breitenkreise), deren Ebenen senkrecht zur Erdachse stehen, so daß sie die Erdkugel in übereinanderliegende Scheiben teilen, bilden zusammen ein Netz, mittels dessen jeder Ort auf der Erdoberfläche leicht bestimmt werden kann. Der Meridian, der durch den betreffenden Ort geht, bestimmt dessen geographische Länge, der betreffende Breitenkreis die geographische Breite.

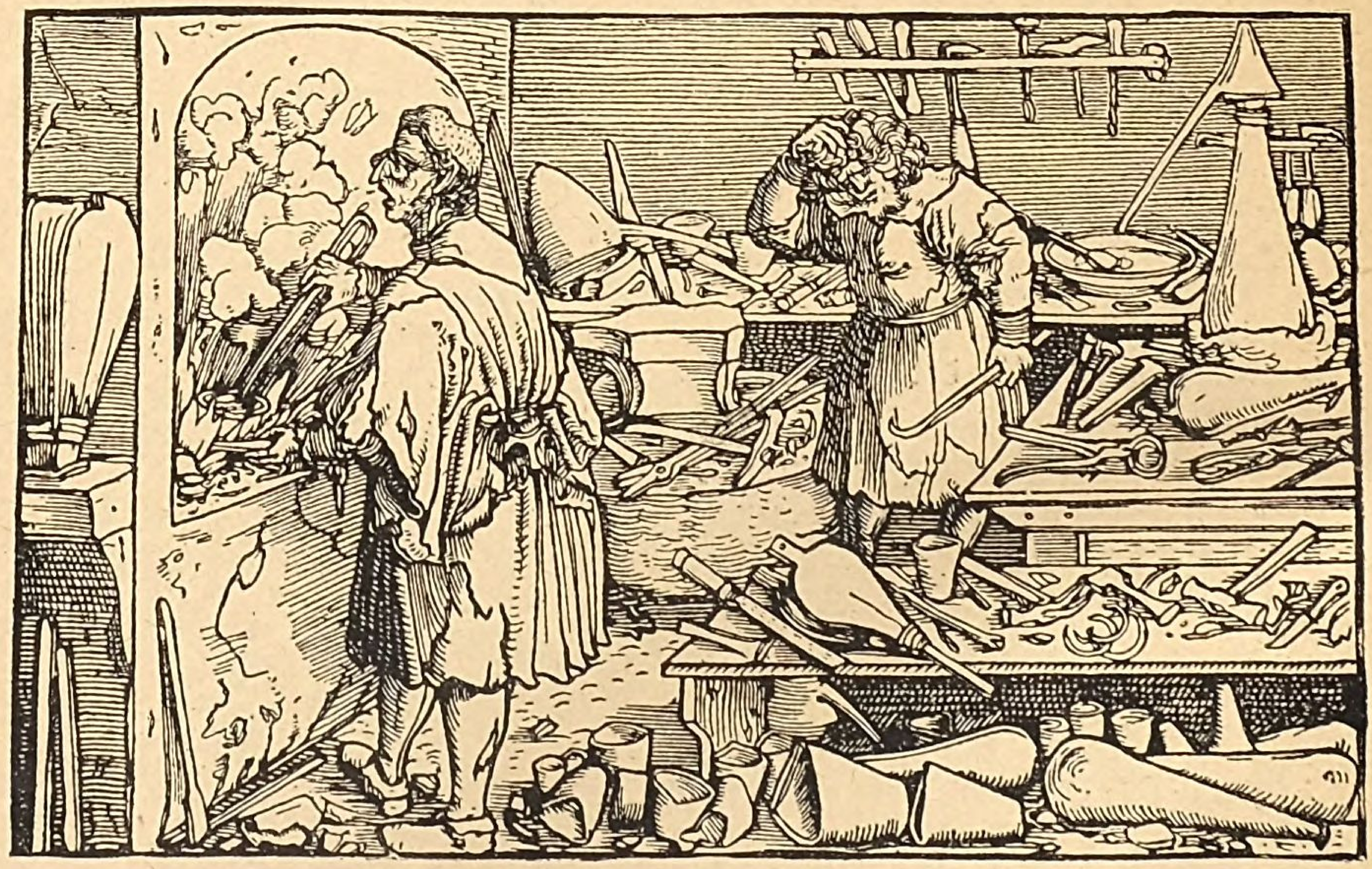
haftigkeit behandelt ist, überdies durch die demselben beigegebenen Karten eine erste zuverlässige Grundlage für die Projektion der Erdkugel geboten wurde, so hat dasselbe wenigstens in historischer Beziehung einen hohen wissenschaftlichen Wert, der namentlich im Mittelalter und bis in das 17. Jahrhundert hinein die höchste Anerkennung fand und zur Veranstaltung einer beträchtlichen Anzahl von Ausgaben Anlaß gab. Nach Ptolemäus hat das Altertum keine weiteren Fortschritte in der Sternkunde und in den Naturwissenschaften überhaupt aufzuweisen. Es trat damals jener Zeitabschnitt ein, in welchem sich die Zersetzung der politischen wie der Kultur- und wissenschaftlichen Verhältnisse vorbereitete, um in dem großen Völkersturm des 4. Jahrhunderts zum Abschlusse zu gelangen und dem völlig veränderten Bilde eines neuen Zeitalters — des Mittelalters — zu weichen. Die uralte Neigung zum Uebersinnlichen, die die Sternkunde zum Gegenstande gottesdienstlicher Anschauung gemacht und sie zur bloßen Sterndeuterei erniedrigt hatte, ging als ein Erbteil auf das Mittelalter über. Die Astrologie, deren Ausübung nach der Bibel schon von Moses dem auserwählten Volke verboten worden sein soll, bildete während des ganzen Mittelalters den Schwerpunkt aller astronomischen Betrachtungen und erst mit der Erfindung des Fernrohres brach eine neue Entwickelungsperiode derselben in wissenschaftlicher Richtung an. Im nächsten Kapitel werden wir den Stand und Fortgang der menschlichen Naturerkenntnis während des Verlaufes des Mittelalters kennen lernen.

Drittes Kapitel.

Fort- und Rückschritte der wissenschaftlichen Naturerkenntnis im Mittelalter.

Die wissenschaftliche Thätigkeit des Mittelalters war im Abendlande von Anfang an vollständig von dem christlichen Staatskirchentum beherrscht. Wohl hatte ihm das Altertum in der alexandrinischen Schule einen Erbschatz hinterlassen, der in seinem einstigen Bestande die höchste und reichste Pflegestätte der Wissenschaft des Altertums dargestellt hatte, mit dem Eindringen des streitsüchtigen Kirchengeistes aber rasch in Verfall geraten und schon von dem römischen Kaiser Theodosius dem Großen (im 4. Jahrhundert n. Chr.) durch Vertreibung der heidnischen Philosophen und Verbrennung seiner Bibliothek nahezu vernichtet worden war. Wohl hatten auch darnach noch heidnische Philosophenschulen in Alexandrien durch ein Jahrhundert ihr Dasein gefristet, der oströmische Kaiser Justinian I. (527—565 n. Chr.) unterdrückte sie jedoch aufs neue, und mit der Eroberung Alexandriens durch die Araber (642 nach Chr.) vollzog sich die Umwandlung seiner hohen Schule, nachdem sie acht Jahrhunderte bestanden hatte, in eine mohammedanische. Von da an entwickelte sich eine arabische Wissenschaft, die lange Zeit diejenige des Abendlandes an Leistungsfähigkeit übertraf, mit dem Rückgange der morgenländischen Kultur aber ebenfalls in Verfall geriet. Immerhin muß den Arabern das Verdienst zuerkannt werden, daß durch sie wenigstens ein Rest althellenischer Wissenschaft in die neue Kulturperiode herüber gerettet worden ist. Mit Unrecht sagt man dem Eroberer Alexandriens, dem Feldherrn Amru des Chalifen Omar nach, daß er ein halbes Jahr hindurch die Bäder der Stadt mit den Bücherschätzen der Alexandrinischen Bibliothek habe heizen lassen. Ganz abgesehen davon, daß dieser Kulturfrevel schon dritthalb Jahrhunderte früher — wie bereits erwähnt — von einem christlichen Kaiser verübt worden war, bezeigten die Araber ihre Achtung vor der Wissenschaft und ihre Liebe zu derselben schon dadurch zur Genüge, daß sie derselben Pflanzstätten errichteten, in denen noch einmal das hellenische Erbe in Verbindung mit den Früchten orientalischer Weisheit und Forschung zu vollen Ehren kam. Was die eigenen Leistungen der Araber auf dem Gebiete der Wissenschaft betrifft, so treten in ihnen die Eigentümlichkeiten der Rasse scharf hervor: einerseits der berechnende, scharfblickende, andererseits der von lebhafter Einbildungskraft und dem Hange zum Mystischen beherrschte semitische Geist. Die Stern-

kunde wird durch sie wieder mehr denn je zur Astrologie: aber auf dem greifbaren Boden der Erdkunde kommt ihr berechnender Sinn zur Geltung und hier haben sie Werke von dauerndem Werte geschaffen. Dadurch, daß über die eroberten Länder eingehende Berichte behufs zweckdienlicher Erkundung und Einrichtung der Verwaltungsverhältnisse eingefordert wurden, ist die Kenntnis nicht nur des Mutterlandes, sondern auch die der angrenzenden asiatischen Länder beträchtlich erweitert worden, und über Gebiete, die dem Altertum so gut wie unbekannt geblieben waren, wie Hindustan, China, die große Tartarei und das südliche Rußland, erlangte man wenigstens einige Aufklärung. Al-Mamun, der Nachfolger Harun al-Raschids, ließ, wie schon erwähnt, im „Almagest" das astronomische Hauptwerk des Ptolemäus wiederherstellen und unternahm den Versuch, durch genaue Messungen eines Breitengrades die Größe der Erdkugel festzustellen. Durch zwei ungenannt gebliebene arabische Reisende des 9. Jahrhunderts wurden Indien und China in umfassender Weise erkundet und auch die Reisebeschreibungen Ibn Dschubairs und Ibn Batutas (im 13. und



Laboratorium eines Alchymisten.
(Nach Holbein.)

14. Jahrhundert) trugen wesentlich zur Kenntnis ausgedehnter Gebiete bei. Der dem gestürzten Fürstengeschlecht der Idrisiden entstammte Geograph Idrisi — auch Edisri genannt — verfaßte um die Mitte des 12. Jahrhunderts ein geographisches Werk im Auftrage des Königs Roger II. von Sicilien, das als erläuternder Text zu einer auf einer Silberplatte hergestellten Landkarte zu dienen hatte. Da Edrisi ausgedehnte Reisen unternommen hatte und im Norden bis nach Schottland gekommen war, so war er in der Lage, die bis dahin maßgebende Karte des Ptolemäus in vielen Punkten richtig zu stellen und auf derselben die geographischen Namen bis zu den Faröer-Inseln hinauf einzutragen; es finden sich bei Edrisi sogar Ortsbezeichnungen, die auf Island und das von den Normannen um das Jahr 1001 entdeckte Gebiet Nordamerikas — das sogenannte Vinland*) —

*) Nachdem von Island aus im Jahre 985 Grönland entdeckt worden war, erreichten isländische Seefahrer das nördliche Amerika in der Gegend des heutigen Labrador und drangen von da an der Küste nach dem Süden vor, wo sie (zwischen Boston und New-York) die Niederlassung Vinland

hindeuten könnten. Edrisi hatte an der arabischen Hochschule zu Cordova studiert, die unter den zu jener Zeit zahlreich vorhandenen Schulen in dem von den Arabern eroberten Spanien den höchsten Ruf genoß; er hatte sich hier ein eben so gründliches wie vielseitiges Wissen erworben und stand auch in der Wissenschaft der Heilkunde und der Pflanzenkunde (Botanik) auf der Höhe seiner Zeit. In diesen Wissenschaften haben die Araber Avicenna und Abul-Kasim Bedeutendes geleistet, letzterer als Verfasser des „Altasserif", eines das Gesamtgebiet der ärztlichen Wissenschaft umfassenden Werkes, ersterer — von den Arabern „Fürst der Aerzte" genannt — als der Begründer der mineralogischen Wissenschaft. Zur Untersuchung der Eigenschaften des Stoffes wurden die Araber ebenso wie die christlichen Gelehrten des Mittelalters durch die Alchymie*) geführt; was ihnen von den Griechen nach dieser Richtung hin übermittelt worden ist, waren nur die allerersten Anfänge der Beobachtung und Beurteilung der unbelebten Materie. Die starren Metalle wurden im Altertum wegen der Aehnlichkeit ihrer äußeren Eigenschaften in eine Gruppe gleichartiger Stoffe zusammengeworfen; die Salze, die nach Plinius allesamt als aus einer Lösung entstammend angesehen wurden, teilte man nicht nach ihrer inneren Natur, sondern nach ihrer Verwendbarkeit ein; man faßte beispielsweise verschiedene schwefelsaure Salze unter derselben Benennung zusammen und betrachtete die in der Natur vorkommende Soda und die künstlich erzeugte Pottasche als eins und dasselbe. Aristoteles unterschied die Elemente**), die er nicht im Sinne der modernen Chemie als Grundstoffe von bestimmter Eigenart, sondern nur als Träger bestimmter Eigenschaften betrachtete, nach ihrem Wärmezustand und Feuchtigkeitsgehalt; er bezeichnete die Erde als trocken und kalt, das Wasser als feucht und kalt, die Luft als feucht und heiß und das Feuer als trocken und heiß. Plinius betrachtete auf Grund dieser Anschauung den Bergkrystall als einen durch Kälte entstandenen Stoff, als eine Art Eis. Gehe bei der Verbindung von verschiedenartigen Stoffen keiner derselben unter, erhalte aber auch keiner von ihnen in dieser Verbindung seine Eigenschaften unverändert, so entstehe daraus — nach der Anschauung des Aristoteles — ein neuer Stoff, dessen Teile einander gleichartig seien; damit war der Grund zu der weiteren Anschauung gelegt, daß edle Metalle aus der Verbindung solcher Stoffe hergestellt werden können, die an sich weder die Eigenschaften edler Metalle noch einen Gehalt an solchen erkennen lassen. Aus dieser Anschauungsweise entwickelte sich die Alchymie oder Goldmacherkunst. Ihren Ursprung scheint die Alchymie unabhängig von der ebenerwähnten griechischen Anschauung und den Arabern, die ihr den Namen gegeben haben, bereits im alten Aegypten gefunden zu haben, dessen koptischer Name, wie bereits erwähnt, ebenfalls in Beziehung zu dem der Alchymie gebracht wird; spätere Alchymisten bezeichneten den ägyptischen Gott Thoth, der am Ausgang des Altertums von den Griechen Hermes Trismegistus, d. h. der dreimal größte Hermes, genannt wurde. Dieser Gott, der nach einer späteren Anschauung auch in einer irdischen Verkörperung aufgetreten sein soll, war die Gottheit der Schrift und Gelehrsamkeit und es wurden ihm eine namhafte Zahl von Werken zugeschrieben, die man die „Hermetischen Schriften" (Schriften des Hermes) nannte.

(Freudenland) gründeten. Diese sowie andere normännische Niederlassungen auf amerikanischem Boden gingen jedoch ziemlich früh wieder ein und die geschichtliche Thatsache ihres dereinstigen Bestehens ist erst in der Neuzeit der Verschollenheit wieder entrissen worden.

*) Alchymie — arabisch al-Kimia — ist eine Bezeichnung, als deren Wurzel von den Einen der koptische Name „Kemie" Aegyptens, von Anderen das griechische „Chymos", s. v. w. Flüssigkeit oder Saft, angesehen wird. Die Alchymie ist in ähnlicher Weise die Mutter der Chemie, die von ihr auch den Namen erhalten hat, wie die Astrologie der Alten die Mutter der astronomischen Wissenschaft geworden ist.

**) Unter Elementen oder Grundstoffen verstanden die Alten nach der Lehre des Empedokles (1490—1430 v. Chr.) Erde, Wasser, Luft und Feuer und stellten sich vor, daß die Vermischung derselben in der Weise sich vollziehe, daß sich Bestandteile des einen nach bestimmten Verhältnissen in die Poren des anderen Elementes eindrängen. In ähnlicher Weise dachte sich Empedokles auch das Entstehen der Sinneswahrnehmungen durch Ausflüsse von den wahrgenommenen Gegenständen, die von den Poren der entsprechenden Organe aufgenommen werden. Den Elementen des Empedokles gesellte Aristoteles als fünftes noch den Stoff der Sternenwelt als Aether bei.

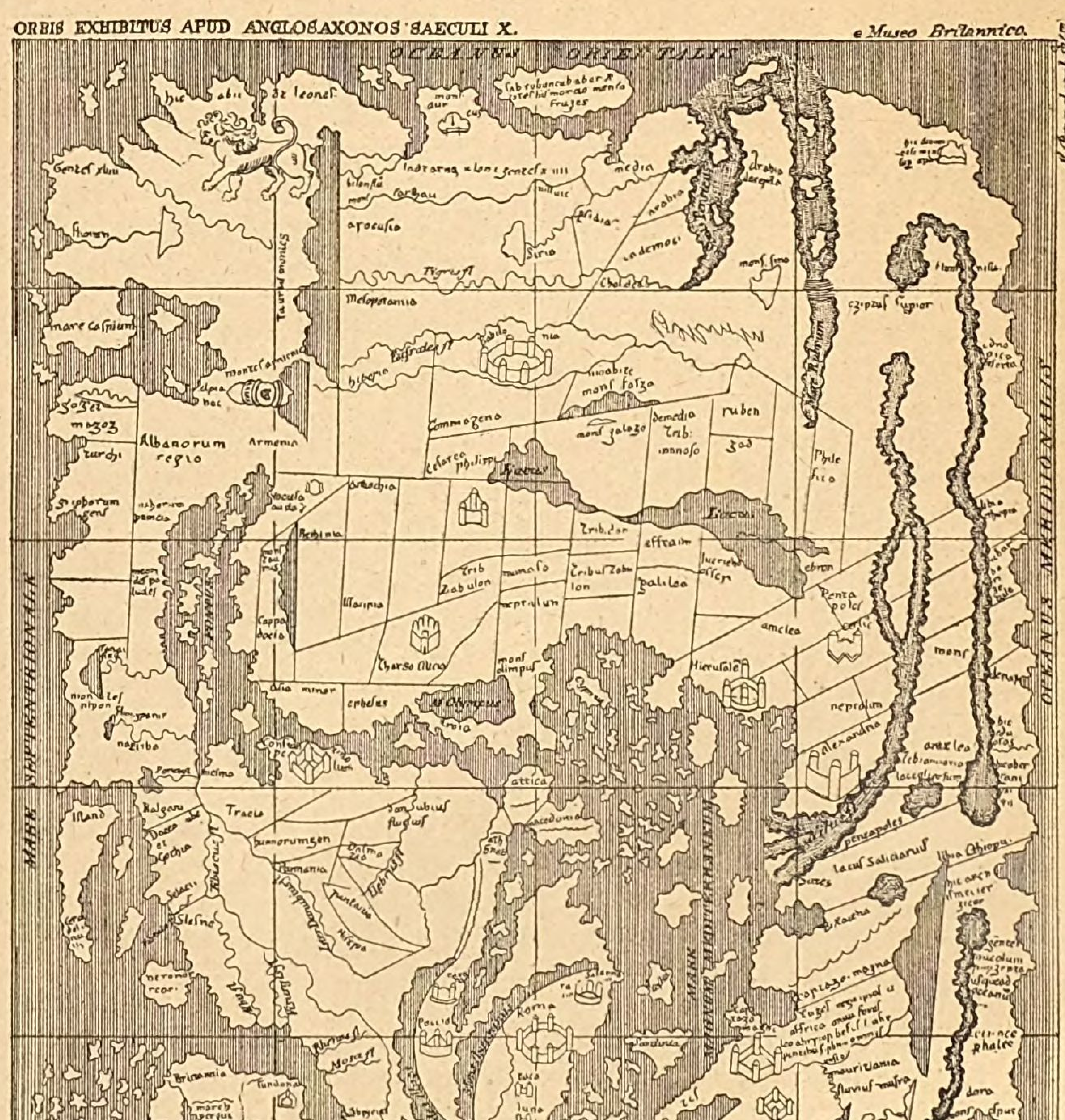
Sie entstanden in Aegypten zu einer Zeit, als dieses bereits stark hellenisiert war und auch die christliche Anschauungsweise dort schon Eingang gefunden hatte. Die Araber interessierten sich bei ihrer starken Hinneigung zum Mysticismus selbstverständlich lebhaft für diese hermetische Weisheit und schrieben dem Hermes Trismegistus eine Unzahl von Schriften zu, namentlich von solchen, die sich mit Mineralogie, Astrologie, Heilkunde und Alchymie beschäftigten; letztere wurde daher auch als die hermetische Kunst bezeichnet. Ihres geheimnisvollen Wesens halber ist die Bezeichnung dieser Kunst als der „hermetischen" sprachgebräuchlich geworden für den Begriff vollkommener und undurchdringlicher Abschließung und man versteht noch heute unter hermetischem Verschluß die luftdichte Absperrung eines Hohlraumes. Schon von Kaiser Diocletian wurde im 3. Jahrhundert n. Chr. die Alchymie als Aberglaube verfolgt und die Verbrennung aller ägyptischen Bücher, die von dieser Kunst handelten, angeordnet. Nichtsdestoweniger finden wir sie im 4. Jahrhundert n. Chr. an der Alexandrinischen Schule eifrigst betrieben, und eine neue Reihe alchymistischer Werke entstand, deren Verfasser sich mit Vorliebe die Namen berühmter Philosophen des Altertums beilegten. Von den Griechen ging die Lehre der Goldmacherkunst auf die Araber über und von diesen übernahm sie das Abendland, das nun eine Reihe christlicher und sogar geistlicher Gelehrter zu dem Kontingent der Alchymisten stellte. Als letzter Chemiker von ausschließlich alchymistischer Richtung wird der Benediktiner-Mönch Basilius Valentinus genannt, der zu Anfang des 15. Jahrhunderts lebte. Die Goldmacher aber trieben ihre Kunst bis zum Anfange des 19. Jahrhunderts lustig weiter und brauten ihre Tinkturen und mischten ihre Pülverchen, mit deren Hilfe sie Gold und Silber aus unedlen Metallen zu gewinnen hofften und von denen das vornehmste, der sogenannte „Stein der Weisen" oder „Rote Löwe", in angemessener Verdünnung als „Trinkgold" eingenommen, auch die Kraft besitzen sollte, alle Krankheiten zu heilen, die Jugend zu erhalten und das Leben zu verlängern. Seit dem 16. Jahrhundert begann die ernste Wissenschaft von diesem Treiben sich loszutrennen. Der berühmte Arzt Theophrastus Paracelsus (1493—1541) sprach, obgleich auch er sich noch eifrig mit Alchymie befaßte und auch in der Heilkunde jenes marktschreierische Wesen zur Schau trug, das dem Geschmacke und beschränkten Volksgeiste seiner Zeit entsprach, bereits die Ueberzeugung aus, daß der wahre Zweck der Chemie nicht die Goldmacherkunst, sondern die Kunst, Arzeneien zu bereiten, sei. Von da ab rekrutierten sich die berufsmäßigen Alchymisten mehr und mehr aus der Sippe fahrender Abenteurer und vornehmer Dilettanten, die sich von jenen nasführen ließen. Nicht wenige gekrönte Häupter beschäftigten sich in den ersten drei Jahrhunderten der Neuzeit mit Alchymie, sei es, daß sie wie Heinrich VI. von England, Karl VII. von Frankreich und Kaiser Sigismunds Witwe Barbara die hermetische Kunst selbst ausübten, sei es, daß sie dieselbe unter ihrem Schutze und in ihrem Dienste ausüben ließen und ihr an ihrem Hofe eine Pflegestätte bereiteten, wie z. B. Kaiser Rudolph II., Kurfürst August von Sachsen, Kurfürst Johann Georg von Brandenburg und König August II. von Sachsen, dessen Schützling, Joh. Friedr. Böttger, bei seinen alchymistischen Versuchen zufällig das Meißener Porzellan erfand und dadurch der Begründer einer der bedeutendsten sächsischen Industrien wurde.

Während sich die Alchymie im Abendlande in eitel Schwindel verlor, hatte sie bei den Arabern schon frühzeitig zu wissenschaftlichen Erfolgen geführt. Abu Musa Giafar al Sofi und sein Schüler Abu Abdallah Dschabir, gewöhnlich Geber genannt, der in der ersten Hälfte des 8. Jahrhunderts an der arabischen Schule zu Sevilla einen Lehrstuhl inne hatte, kannte bereits das metallische Arsen und die Zusammensetzung des Zinnobers; Mohammed al Rasi führte den Gebrauch chemischer Präparate als Arzeneien in die Heilkunde ein und Abul Kasis, der zu Anfang des 12. Jahrhunderts als Lehrer an der Hohen Schule zu Cordova starb, begründete die Wissenschaft der Apothekerkunst (Pharmacie) und wußte die Destillation des Weingeistes (Alkoholes) zu beschreiben, dessen Herstellung aus Reis von den Chinesen nachweislich schon im 9. Jahrhundert ausgeübt wurde, dessen Einführung als Heilmittel aber auf Abul Kasis zurückgeführt wird. Wahrscheinlich ist den

Arabern auch — wenn nicht die Erfindung, so doch die Verbesserung des Schießpulvers zuzuschreiben; gewiß ist, daß dieses charakteristischste Produkt der „Schwarzkunst" (diese Bezeichnung der Chemie hängt mit dem koptischen „kemi" zusammen, das s. v. w. schwarz bedeutet) schon lange vor dem Auftreten der Araber den Indern und Chinesen bekannt war, von denen es wahrscheinlich die Araber, die in jenen Ländern ziemlich genau bekannt waren, übernommen haben. Bereits im 13. Jahrhundert schrieb ein Araber ein Buch über Feuerwerkerei, in welchem Salpeter eine der Hauptrollen spielt, und eine arabische Handschrift des 14. Jahrhunderts erwähnt eines aus Holz gedrehten Mörsers, der mit Schießpulver gefüllt und nach Einführung eines Bolzens oder einer Kugel abgefeuert wurde. Daß man die Erfindung des Schießpulvers den Deutschen zuschreibt (der Freiburger Mönch Berthold Schwarz wird neben einem Mainzer Mönch und einem Kölner namens Konstantin Antlitz oder Anklitz als Erfinder genannt und in Sebastian Münsters „Cosmographey" sogar bildlich dargestellt, wie er, vom Teufel mit brennender Lunte begleitet, dem Feuerwerksplatze sich nähert), mag damit zusammenhängen, daß die Deutschen einen bemerkenswerten Anteil an der Ausbildung der Kriegsfeuerwerkskunst hatten.

In Bezug auf die Kenntnis der Erde ist das christliche Mittelalter weit hinter den Arabern zurückgeblieben, und zwar war es hauptsächlich der Glaubenseifer der Mönche, die durch lange Zeit die alleinigen Vertreter der Wissenschaft waren, dem dies zuzuschreiben ist. Der dogmatische Geist, der die christliche Kirche in den ersten Jahrhunderten ihres Bestehens bereits völlig beherrschte, machte es diesen geistlichen Trägern der Wissenschaft zur Gewohnheit, daß sie das Ueberlieferte als feststehende und unantastbare Thatsache und ein Rütteln an demselben als ebenso ketzerisch und verdammenswert betrachteten wie jeden Zweifel und jede Ablehnung der unmittelbar aus göttlicher Offenbarung hergeleiteten kirchlichen Glaubenslehren. Während die Araber die griechische Erkenntnis von der Kugelgestalt der Erde für die Nachwelt retteten, blieben die christlichen Lehrer des Abendlandes an den in der Bibel überlieferten Anschauungen der alten semitischen Völker haften und so finden wir im frühen Mittelalter Erdkarten, die die radähnliche Gestalt der babylonischen zeigen, nur mit dem Unterschied, daß auf diesen die Stadt Babylon, auf jenen aber Jerusalem in den Mittelpunkt des Erdkreises gesetzt ist und daß die babylonische Erdkarte, die uns in einer Thontafel erhalten geblieben ist, in der Richtung von Norden nach Süden vom Euphrat durchschnitten wird, wogegen in jenen des frühen christlichen Mittelalters derselbe Durchmesser in seiner nördlichen Hälfte den Donfluß, in der südlichen den Nil darstellt und ein gegen Westen gewendeter Halbmesser die Stelle des Mittelländischen Meeres vertritt. Der homerischen Vorstellung vom Erdkreis entsprechend umgiebt die auf vorstehende Weise in eine östliche Halbscheibe und zwei westliche Viertelscheiben geteilte Erde rings der Ocean; der östliche Teil stellt Asien, die nördliche Hälfte das westliche Europa, die südliche Afrika vor. Im fernsten Osten Asiens liegt das Paradies, an der Nordspitze dieses Erdteils das Reich Gogs und Magogs, in welchem der Prophet Ezechiel den Wohnort der letzten Widersacher des Reiches Israel erblickt. Ueber Jerusalem wölbt sich die Himmelskuppel, unterhalb der heiligen Stadt liegt in tiefem Abgrund das Reich der Hölle. Eine in einer Leipziger Handschrift aus dem 11. Jahrhundert enthaltene Abbildung des Erdkreises hat im ganzen noch dieselbe Einteilung, wie sie hier eben beschrieben wurde, nur bildet hier der nördliche Teil des senkrechten Durchmessers nicht der Don (Tanais), sondern das Aegäische Meer mit dem Hellespont als dessen nördlichem Ende, und von hier aus zweigt sich erst der Don gegen Nordosten, die Donau gegen Nordwesten ab. Oestlich vom Hellespont erhebt sich als gewaltige Burg Troja, noch weiter östlich die Stadt Babylon, südlich von diesen beiden Jerusalem in Gestalt einer dreitürmigen mit Kreuzen gekrönten Kirche. In dem Quadranten Europa bilden die Alpen den nördlichsten Teil des Festlandes, in welchem Deutschland, Frankreich und Britannien an den westlichen Rand gerückt erscheinen, während die Pyrenäen so ziemlich in der Mitte, Spanien am Südrande und Rom in der dem Mittelpunkte des Erdbildes zugekehrten Ecke des Quadranten stehen. Der afrikanische Quadrant wird von Karthago und Kyrene völlig

beherrscht, da ersteres zwar so ziemlich an seinen richtigen Platz, letzteres aber an die Südspitze des Quadranten gestellt ist. Vergleicht man mit dieser Erdkarte die um ein Jahrtausend ältere des Ptolemäus, so erkennt man trotz der vielen Irrtümer derselben den ungeheuren Rückschritt, den die Erdkunde im christlichen Abendlande gemacht hat. Viel greller aber tritt dieser Unterschied hervor, wenn man das Weltbild betrachtet, das der Alexandrinische Mönch Kosmas um die Mitte des 6. Jahrhunderts aufgestellt hat: Ein auf viereckiger



Angelsächsische Weltkarte.

Grundlage sich erhebender Berg, von einem krystallenen Kasten überwölbt, vom Meere umflossen und von der Sonne an seinem Gipfel umkreist, so daß bald die eine, bald wieder die andere Hälfte des Berges beleuchtet wird, während die entgegengesetzte Seite in Nacht getaucht erscheint. Da dieser Geograph, bevor er Mönch geworden war, als Kaufmann weite Reisen unternommen hatte und bis Indien und Ceylon vorgedrungen war, so ist wohl anzunehmen, daß er die Grundgedanken zu seinem Weltbau aus indischen

und uralten morgenländischen Ueberlieferungen gewonnen hat. Nichtsdestoweniger stellte er seine Erdbeschreibung „im Namen der heiligen Dreieinigkeit" auf und fordert für dieselbe unbedingten Glauben mit den Worten: „Gottes Offenbarung muß man mehr glauben, als den Gedanken und Lehren der Menschen. Deshalb muß der Christ die geometrischen Methoden der Thoren und Lügenschmiede fahren lassen. Zu Denen, welche Christen sein wollen und doch Gottes Wort gering schätzen und die Erde für eine Kugel halten, zu Denen wird Gott am Tage des Gerichtes nach dem Apostel Mathäus sagen: Ich kenne euch nicht, weg von mir, die ihr Unrechtes treibt." Alexander von Humboldt äußert sich in seiner vornehm ruhigen Weise über die Weltkarte des Kosmas dahin, daß sie durch ihre naive, wahrhaft barbarische Einfachheit in Erstaunen setze, da sie, im 6. Jahrhundert unserer Zeitrechnung angefertigt, kaum ein Bild der ältesten geographischen Anschauungen der Griechen darbietet.

Als eine Probe der mittelalterlichen Erdkunde geben wir auf S. 36 die Abbildung einer angelsächsischen Weltkarte aus dem 10. Jahrhundert, auf der nicht einmal das eigene Land — Großbritannien — annähernd genau dargestellt ist, Skandinavien vollständig fehlt, das Schwarze Meer so hoch gegen Norden gerückt ist, daß es in die gleiche geographische Breite fällt, wie die Ostsee und Palästina und einen Raum einnimmt, der etwa das Vierfache seiner wirklichen Ausdehnung beträgt. Erst im 15. Jahrhundert fand die Ptolemäische Geographie im Abendlande wieder Aufnahme und Verbreitung und von da an wurde das Erdbild, erweitert durch die Entdeckungen der Reisenden und Seefahrer im späten Mittelalter und im Anfange der Neuzeit, allmählich seinem Urbilde näher gebracht.



Regiomontanus.

In der Astronomie, die im 9. und 10. Jahrhundert bei den Arabern ihre Blütezeit erreichte (Al-Batani bestimmte die Excentricität der Erdbahn und ermittelte die Länge des Jahres bis auf zwei Minuten genau), weist das Abendland in den ersten Jahrhunderten des Mittelalters nur ganz vereinzelte Leistungen auf. Im 13. Jahrhundert glänzte auf dem Throne von Leon und Kastilien Alfons X. (1252—1284) als der gelehrteste Fürst seines Jahrhunderts, glücklicher freilich in seinen wissenschaftlichen Bestrebungen, denn als Herrscher, da ihm der eigene Sohn die Krone entriß und ihn zwang, bei den Erbfeinden seines Reiches, den Mauren, Zuflucht zu suchen. Alfons ließ, weil sich im Laufe der Zeit Abweichungen der Beobachtungen von den Ptolemäischen Tafeln herausgestellt hatten, neue astronomische Tafeln berechnen, wozu er sich der Hilfe eines halben Hunderts Gelehrter bediente. In Deutschland kam die Astronomie als Wissenschaft erst mit dem 15. Jahrhundert in Aufnahme; Nicolaus von Cusa (eigentlich Chrypffs oder Krebs), der in den kirchlichen Würden bis zum Kardinal vorgerückt ist, sprach sich in seinem Werke: „De Doctor Ignorantia" (1440) im Sinne der Pythagoräischen Lehre von der Bewegung der Erde aus und bildete sich bereits eine Vorstellung von der Beschaffenheit der Sonne, die mit der

später von W. Herschel näher ausgeführten Hypothese, wonach das Tagesgestirn von einer äußeren Lichthülle und einer darunter gelegenen dunklen Wolkenschicht umgeben ist, in der Hauptsache übereinstimmte. Auch sprach er die von späteren Astronomen (darunter Kepler) geteilte Meinung von der Bewohnbarkeit anderer Gestirne aus. Johann Müller (1436—1476), nach seinem fränkischen Heimatsorte Königsberg Regiomontanus genannt, begründete zu Nürnberg eine Sternwarte und schuf verschiedene, teils von ihm selbst erfundene, teils von ihm verbesserte astronomische Instrumente, die den Portugiesen und Spaniern auf ihren in jener Zeit beginnenden Entdeckungsfahrten zur See wesentliche Dienste leisteten, nachdem der Deutsche Martin Behaim, ein Schüler des Regiomontanus, sie mit denselben bekannt gemacht hatte. Regiomontanus und sein Lehrer Joh. Georg Purbach waren, soviel bekannt ist, die ersten Astronomen, die die Kreiseinteilung an Instrumenten, die zur Messung von Winkeln dienen, durch Anbringung sogenannter Transversalen*) für feinere Messungen geeignet machten. Von Regiomontanus rühren auch die ersten Kometenberechnungen her. Sein Schüler Martin Behaim (1459—1507) stellte den ersten Globus (Erdkarte in Kugelgestalt) her und erwarb sich hohe Verdienste um die Fortschritte der Schiffahrts- und Erdkunde seiner Zeit und um die großen Entdeckungen zur See, die in derselben gemacht wurden. Behaim selbst bereiste mit dem Portugiesen Diego Cam (oder Cao) die Westküste Afrikas bis in die Nähe des Kaps der Guten Hoffnung und schöpfte somit einen guten Teil der Kenntnisse, die er zur Herstellung seines Globus ausnützte, aus eigener Anschauung, während sein langjähriger Aufenthalt in Portugal und auf den Azorischen Inseln ihn mit vielen Seefahrern — wahrscheinlich auch mit Christoph Columbus — in Verbindung brachte, denen er jedenfalls wertvolles und mit dem ihm eigenen Scharfblicke ausgenütztes Material verdankte. So findet sich beispielsweise auf seinem im Jahre der Entdeckung Amerikas (1492) angefertigten Globus die Insel „Antilia", deren Lage so ziemlich derjenigen der Antillen entspricht. Da Columbus auf seiner Entdeckungsfahrt erst am 12. Oktober 1492 den amerikanischen Boden auf der Insel Guanahani betrat, die zur Bahama-Gruppe (nördlich von den Antillen) gehört, und erst zu Ende seiner ersten Reise die Antillen-Inseln Cuba und Haiti entdeckte, so kann die Aufnahme der Insel Antilia in den Behaimschen Globus nicht mit dieser Entdeckung zusammenhängen. In der That haben die Antillen ihren Namen von jener Insel erhalten, die aber im 15. Jahrhundert nur sagenhaft bekannt war und als zwischen West-Europa und Ost-Asien gelegen gedacht wurde. Jedenfalls hat Behaim hinter der Sage, die ihm wohl durch andere Seefahrer bekannt geworden war, mehr als das bloße Gebilde der Einbildungskraft vermutet.

---

*) Transversalen nennt man jene schrägen Linien, die durch einen aus mehreren — gewöhnlich 10 — gleichlaufenden, wagerechten Linien zusammengesetzten Maßstab in der Weise gezogen sind, daß sie die wagerechten Linien durchschneiden. Da sie in gleichen Abständen von einander gezogen werden und die Bruchteile (gewöhnlich Zehntel) der Maßstabeinheit — also des Zolles oder Centimeters — darstellen, so bilden sie auf den einzelnen wagerechten Linien des Maßstabes Abteilungen, deren Wert an jeder dieser Linien um einen entsprechenden Bruchteil wächst. Schneidet z. B. die Transversale an der obersten von 10 wagerechten Teillinien eines Maßstabes $^1/_{10}$ Zoll (= $^{10}/_{100}$) ab, so beträgt der Wert des entsprechenden Abschnittes an der neunten wagerechten Teillinie nur $^9/_{100}$, an der achten Teillinie nur $^8/_{100}$ u. s. w., um auf der ersten (untersten) Teillinie auf $^1/_{100}$ herabzusinken. Mittels der Transversalen kann somit eine feinere Einteilung des Maßstabes erzielt werden, die trotzdem nicht so klein ausfällt, daß ihre Herstellung technische Schwierigkeiten verursachen würde. Durch Uebertragung der Transversal-Einteilung auf den bogenförmigen Maßstab zum Abmessen von Winkeln ist somit die Bestimmung von Minuten- und Sekundenbruchteilen des Winkels ermöglicht worden. Eine auf dem gleichen Princip beruhende Einrichtung ist der Nonius oder Vernier (nach den betr. Erfindern so genannt). Das Instrument, mit welchem die älteren Astronomen die Messung von Winkeln vornahmen, um die gegenseitige Stellung der Gestirne in Beziehung auf den irdischen Beobachtungspunkt zu bestimmen, ist das Astrolabium, das bereits von Hipparch angewendet, von Regiomontanus bedeutend verbessert und durch Anbringen von Nonien — später auch durch Verbindung mit Fernrohren — noch weiter vervollkommnet wurde, heute aber durch den Theodoliten und Sextanten ersetzt ist.

Auf dem Gebiete der Physik tritt im 13. Jahrhundert die Gestalt des englischen Mönches **Roger Bacon** in den Vordergrund, der seiner Gelehrsamkeit wegen den Ehrentitel „Doctor mirabilis" führte. Als Erfinder der Vergrößerungsgläser bahnte er einen der wichtigsten Fortschritte der wissenschaftlichen Technik an, wie er überhaupt auf optischem Gebiete durch seine Beobachtungen über die Strahlenbrechung, die scheinbare Größe der Gegenstände, insbesondere der Sonne und des Mondes u. a., Verdienstliches geleistet hat. Als Alchymist zählte er zu den berühmtesten seiner Zeit, und auch als Scholastiker*) genoß er hohen Ansehens; nichtsdestoweniger stand er hinsichtlich seiner naturwissenschaftlichen und philosophischen Anschauungen auf einem seiner Zeit gegenüber weit vorgerückten Standpunkte und huldigte einer entschieden realistischen Richtung, der er in dem in seinem „Opus majus" ausgesprochenen Grundsatze, daß die Wissenschaft einer gründlichen Reform auf Grundlage des Sprach- und Naturstudiums bedürfe, beredten Ausdruck gab. Als Mitglied des Franziskanerordens fand er Gelegenheit, die Sittenverderbnis der Geistlichen und besonders der Mönche kennen zu lernen und scharf zu tadeln, was ihm zehnjährige Gefangenschaft und den Verlust seines Lehrstuhles sowie das Verbot seiner Schriften eintrug. Von Bacon rührt die Bestimmung des Brennpunktes des sphärischen Hohlspiegels und die Anleitung der Verfertigung parabolischer Brennspiegel her; auch erkannte er bereits die Fehlerhaftigkeit des Julianischen Kalenders und schlug schon 1267 die Verbesserung desselben vor, die dann am Ausgange des 16. Jahrhunderts vom Papst Gregor XIII. ins Werk gesetzt worden ist.



Roger Bacon.
Nach einem Holzschnitte von Emile Bayard.

Von wissenschaftlichen Hilfsmitteln hat das Mittelalter den belegten **Spiegel**, das **Augenglas**, den ersten **Tiefseemesser**, die **Räderuhr** und vor allem die **Magnetnadel** geliefert. Letztere scheint aber bei den Chinesen schon viel früher — im 3. oder 4. Jahrhundert — bekannt gewesen und als Wegweiser auf Land- und Seereisen benützt worden zu sein. Die Araber erwähnen derselben zuerst im 13. Jahrhundert. In einem Werke, das den Titel „Schatz der Kaufleute für die Kenntnis der Steine" führt, wird erzählt, daß die den Indischen Ocean befahrenden Schiffer sich bei dunkler, sternloser Nacht zur Orientierung folgender Vorrichtung bedienten: Sie legten auf ein mit Wasser gefülltes Gefäß ein Kreuz von Holzstäbchen und auf dieses einen Magnetstein von Handtellergröße, der an zwei Enden zugespitzt war. Dieser Stein zeigte dann, frei auf der Wasserfläche schwimmend, die Richtung nach Norden und Süden an. Den eigentlichen **Kompaß** soll der Neapolitaner **Flavio Gioja** anfangs des 13. Jahrhunderts erfunden, beziehungsweise die Herstellung des Magnetes in Nadelform und die Aufhängung des

---

*) Scholastik wird jene philosophische Richtung des Mittelalters genannt, die sich einerseits von der Autorität der Kirchenlehre, andererseits von der des Aristoteles abhängig machte und sich namentlich durch eine bis ins Lächerliche getriebene Haarspalterei in der Aufstellung und Darlegung von Lehrmeinungen auszeichnete. Die Scholastik blühte im 13., verfiel allmählich im 15. und 16., fand im 17. Jahrhundert an den Jesuiten eine kräftige Stütze und ist auch in der Gegenwart auf kirchlichem Gebiete noch keineswegs ausgestorben.

Apparates ersonnen haben. Nachdem Vasco de Gama den Seeweg nach Ostindien um die Südspitze Afrikas herum gefunden hatte, traf er (1498) an der Ostküste dieses Erdteiles indische Schiffer an, die sich eines auf einem Hütchen schwebenden Eisenblechstreifens als Magnetnadel bedienten. Es ist selbstverständlich, daß mit so unzulänglichen Hilfsmitteln die Schiffahrt nicht zu weiterer Entwickelung gelangen, geschweige den ganzen Erdball umspannen konnte; aber der Anfang war doch mit der Erfindung des Kompasses gemacht, und die Ausnützung derselben blieb dann dem nächstfolgenden Zeitalter überlassen.

Zu erwähnen wäre noch, daß die Araber sich auch um die Entwickelung eines der wichtigsten Hilfsmittel der Naturwissenschaft, der **Mathematik**, im Laufe des Mittelalters hochverdient gemacht haben. Ihre Lehrer in dieser Kunst waren die Inder, denen die Erfindung des dekadischen*) Zahlensystems insofern zuzuschreiben ist, als sie die Null einführten, die einen bloßen Stellenwert, aber keinen Zifferwert besitzt, und so als Mittel benutzt werden konnte, um große Zahlen in einer ununterbrochenen Reihenfolge von Ziffern darzustellen, deren jede außer ihrem Zifferwerte auch noch je nach dem Platze, an den sie gestellt wurde, einen bestimmten Stellenwert ausdrückte. Die Araber bauten auf dieser Grundlage das heute noch bestehende Zahlensystem weiter aus, und die Rechenkunst wurde durch die damit verbundene Vereinfachung von da ab zu mächtiger und rascher Entwickelung befähigt. Das erste deutsche Rechenbuch erschien 1473.

Viertes Kapitel.

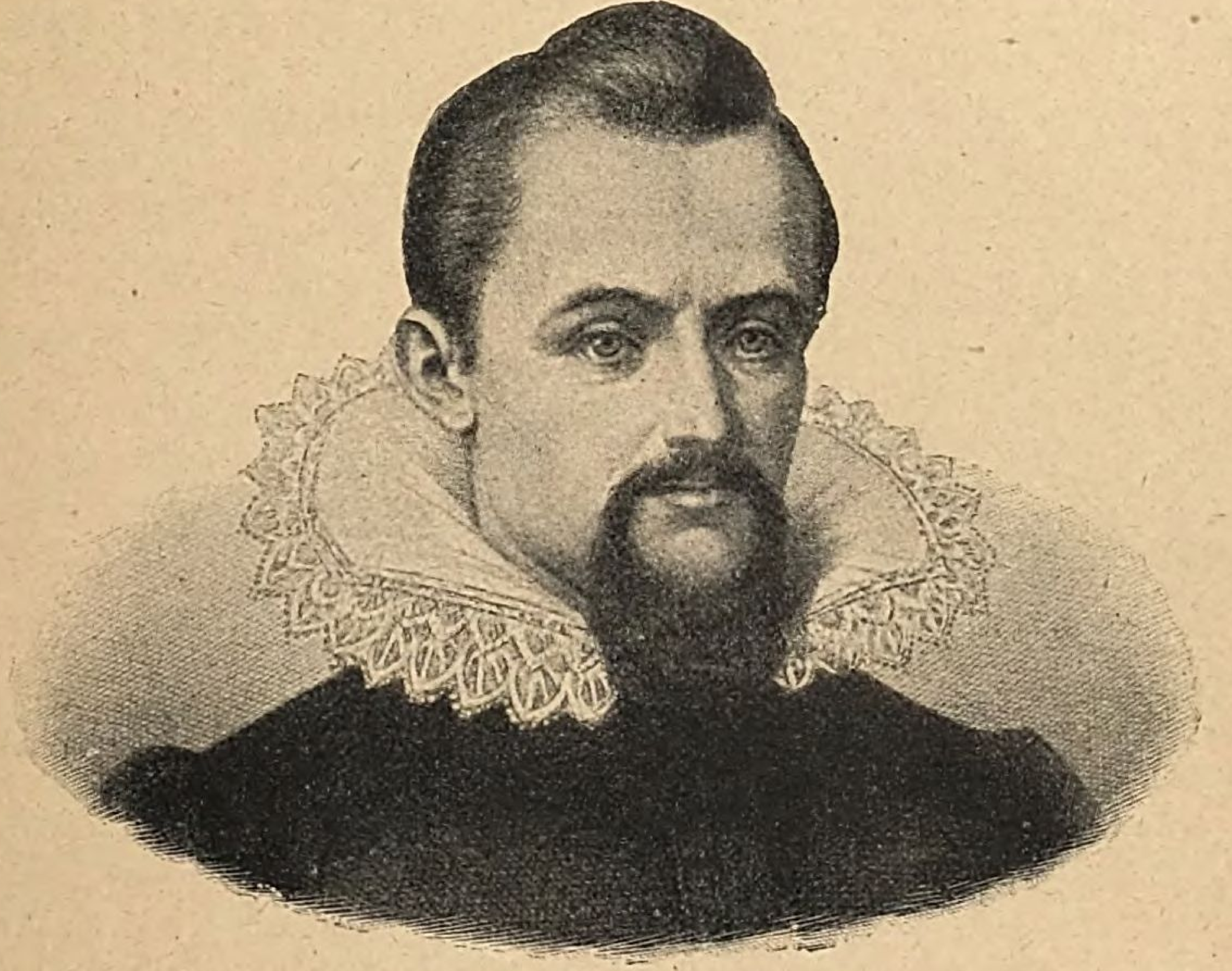
Die neuzeitliche Entwickelung der wissenschaftlichen Naturerkenntnis.

Die Geschichtsschreiber nehmen bei ihrer Einteilung der Zeitalter als Ausgangspunkt desjenigen Zeitabschnittes, den sie als „Neuzeit" bezeichnen, einesteils die Entdeckung Amerikas, anderenteils die Kirchenreformation in Deutschland an. Für speziell deutsche Geschichtsverhältnisse mag die letztere Annahme die zweckdienlichere sein; aus dem kulturgeschichtlichen Gesichtspunkte betrachtet ist jedoch zweifellos die Entdeckung der bis dahin noch völlig unbekannten westlichen Erdhalbkugel das weitaus wichtigere Ereignis, und der rasche Entwickelungsgang, den nicht nur die Kultur im Allgemeinen, sondern namentlich auch die Wissenschaft seit diesem Ereignis genommen hat, ist der unanfechtbare Beweis dafür. In dem Zeitraum der vier Jahrhunderte, die seit der Entdeckung Amerikas verflossen sind, drängt sich eine so ungeheure Masse von Entdeckungen und Fortschritten auf den verschiedensten Gebieten der Naturerkenntnis zusammen, daß das Ergebnis der vorhergegangenen Jahrtausende menschlicher Kultur seinem inneren Wert nach als verschwindend klein bezeichnet werden muß, und aus dieser Entwickelung der Naturerkenntnis sind dann auch die meisten Fortschritte hervorgegangen, die auf anderen Gebieten der Wissenschaft und der Kultur seither errungen worden sind. Man darf mit vollem Rechte sagen, daß die Naturerkenntnis heute überhaupt der Kern aller positiven Wissenschaft ist, daß also folgerichtig die Naturwissenschaften den ersten Rang in der geistigen Kultur der Gegenwart einnehmen. Wenn auch diese Fortschritte erst im 19. Jahrhundert voll zum siegreichen Durchbruche gelangt sind und wenn derjenige Zeitabschnitt, der gemeinhin als „Neuzeit" bezeichnet wird und von dem das 19. Jahrhundert bezw. die Zeit seit der französischen Revolution (1789) als „Neueste Zeit" abgetrennt wird, als eine Periode des heftigsten Kampfes zwischen den althergebrachten und den modernen wissenschaftlichen und Kulturanschauungen bezeichnet werden muß, so kann doch nicht in Abrede gestellt werden, daß im

*) Der Name ist vom griechischen deka (= 10) hergeleitet und bezieht sich darauf, daß sich der Zahlenwert jeder Ziffer durch das Vorrücken derselben in die nächst höhere Stelle um das Zehnfache erhöht.

Verlaufe dieses Zeitabschnittes die Grundlage zu allen diesen Fortschritten geschaffen worden ist und daß der gewaltige Ausbau, den sie während des 19. Jahrhunderts erfahren haben, nicht das Ergebnis einer neuen Denkrichtung, sondern vielmehr dasjenige des siegreichen Durchdringens derjenigen Anschauungen ist, die sich in der vorhergegangenen Periode seit dem Ausgang des Mittelalters infolge des erweiterten Weltblickes gebildet haben.

Der Drang nach Befreiung des Geistes aus dem Banne der bis dahin ausschließlich als oberstes Leitmotiv der Weltanschauung maßgebenden Annahme eines übernatürlichen letzten Grundes aller Dinge tritt schon am Ausgange des Mittelalters in den reformatorischen Gedanken und Bestrebungen hervor, die innerhalb der christlichen Kirche als der damaligen Obmacht des gesamten Geisteslebens sich geltend machten. So sehen wir einen Savonarola*) und nach ihm den Grafen Pico von Mirandola den an die Welt der Gestirne geknüpften Aberglauben, die Astrologie oder Sterndeutekunst, schon zu Ende des 15. Jahrhunderts lebhaft bekämpfen. Nichtsdestoweniger erhielt sie sich noch bis in das 17. Jahrhundert und wir begegnen hier einem der kläglichsten Beispiele dafür, daß der Satz, „die Kunst müsse nach Brot gehen", auch auf die Wissenschaft seine Anwendung findet. Der berühmte Astronom Johannes Kepler (1571—1630), der Entdecker der Gesetze der Planetenbewegung, dem neben Galilei die Vervollkommnung des 1608 angeblich von dem Middelburger Brillenschleifer Hans Lippershey erfundenen Fernrohres und dessen Einführung in die Astronomie zuzuschreiben ist, war gezwungen, erst am Hofe Rudolfs II. und dann an demjenigen Wallensteins die Dienste eines Astrologen zu versehen, um sein Leben zu fristen. Wahrhaft tragisch gestaltete sich sein Schicksal dadurch, daß weder der Kaiser noch Wallen-

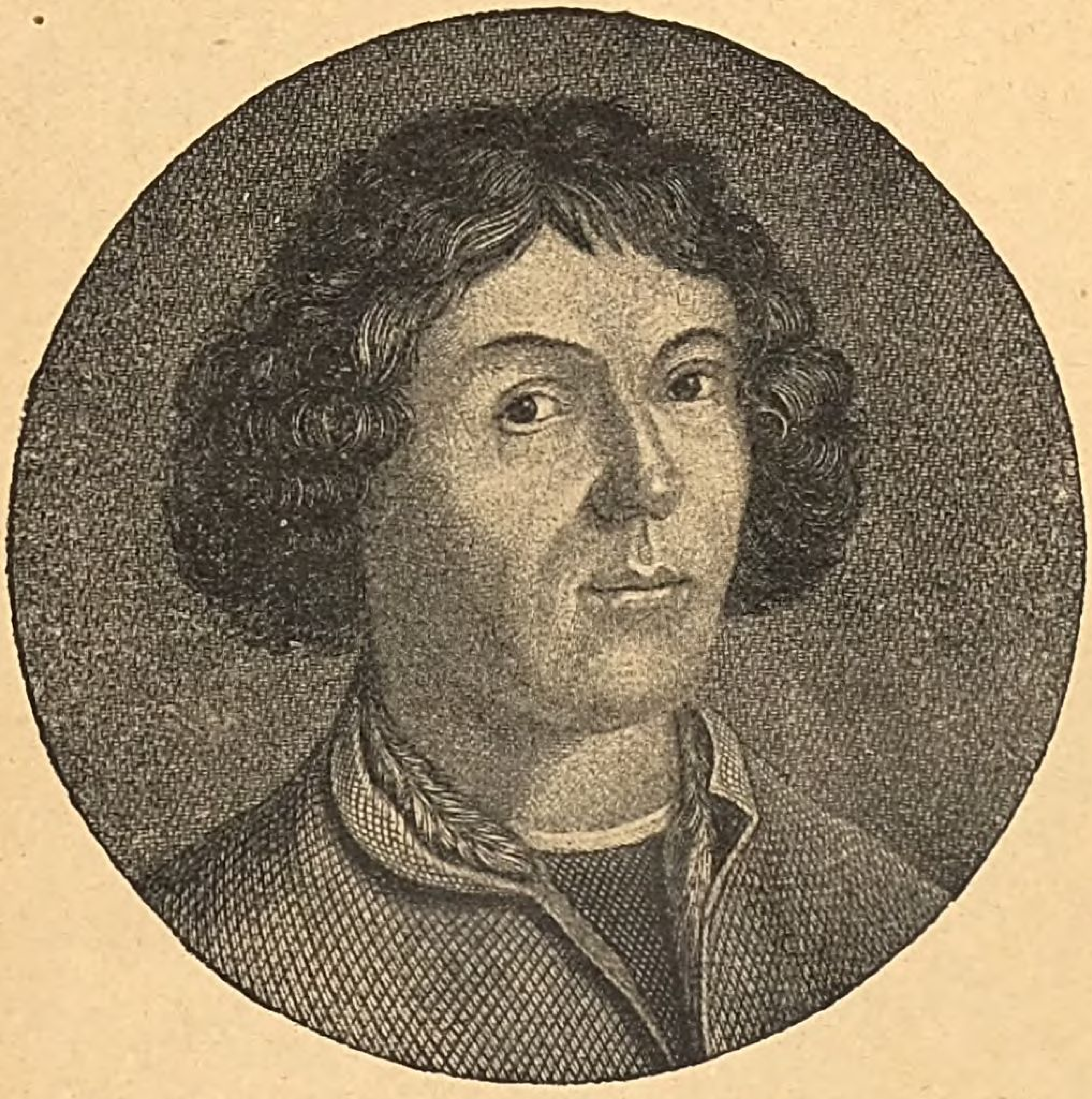


Johannes Kepler.

Nach einem zu Straßburg i. E. befindlichen Original gestochen von A. Weger in Leipzig.

*) Der Dominikanermönch Girolamo Savonarola (1452—1498) wirkte als Führer der florentinischen Volkspartei durch seine hinreißenden Reden mächtig auf die Gemüter und stellte die damals in der geistlichen wie in der Laienwelt herrschende Sittenlosigkeit als prophetischer Warner an den Pranger. Er dachte sich die Kirchenreformation in der Gestalt der Einführung einer Theokratie (Gottesherrschaft) unter der Leitung einer Volksregierung. Da er hierbei auch den Papst Alexander VI. wegen seines anstößigen Lebenswandels scharf angriff, wurde er in den Kirchenbann gethan und es gelang dem Papste, seinen gegen Savonarola gerichteten Ausspruch: „Dieser Mensch muß sterben, und wäre er Johannes der Täufer selbst!", zur Wahrheit zu machen. Vor ein geistliches Gericht gestellt, wurde er mit zweien seiner Ordens- und Gesinnungsgenossen am 23. Mai 1498 zu Florenz hingerichtet. Auch Pico von Mirandola (1463—1494), der in weit milderer Form eine Versöhnung der Philosophie mit der Religion anstrebte, verfiel dem Inquisitionsgericht, wurde aber durch den mächtigen Lorenzo von Medici demselben entrissen und lebte dann zurückgezogen seinen Studien. Obgleich er als Gegner der Astrologie auftrat, war er doch noch der übernatürlichen Geheimniskrämerei in der Wissenschaft zugethan, und seine Anschauungen konnten daher eine führende Bedeutung nicht erlangen.

stein die ausbedungenen Zahlungen leisteten, und daß Keplers von nagender Sorge zerrütteter Körper, als der Gelehrte nach Regensburg reiste, wo der Reichstag eben versammelt war, um sich dort von diesem den rückständigen Sold in Gestalt eines Gnadengeschenkes zu erbitten, den Anstrengungen der beschwerlichen Fußwanderung unterlag. Dem astrologischen Aberglauben huldigten Protestanten wie Katholiken; unter ersteren ist Melanchthon als einer seiner gläubigen Anhänger zu nennen, derselbe Melanchthon, der die Lehre des Kopernikus als Ketzerei verdammte. An den europäischen Fürstenhöfen fand die Astrologie eine Heimstätte, und die Hofastrologen übten einen großen Einfluß auf die Staatsgeschäfte aus. Erst allmählich zog sich die Sippe dieser offiziellen Sterndeuter nach dem Morgenlande zurück, wo man sie noch heute findet, und in Europa fand die Sterndeuterei nur noch unter der Zahl derjenigen Anhang, die sich zu den gebildeten Ständen zählten, deren Geist aber nicht genug Kraft besaß, um den Nebel angestammter Vorurteile zu durchdringen.



Kopernikus.
Nach einem Kupferstiche von N. Dandeleau.

Was die wissenschaftlichen Fortschritte der Neuzeit von denjenigen des Mittelalters noch besonders unterscheidet, ist die Thatsache, daß sie sich selbständig innerhalb der Kreise der abendländischen Gelehrten vollzogen, wogegen das Mittelalter einen beträchtlichen Teil seiner Entdeckungen und Erfindungen dem Morgenlande zu verdanken hatte. Dieses tritt hinfort immer mehr in den Hintergrund und die führende Rolle, die es früher gespielt hatte, erreicht endgültig ihren Abschluß.

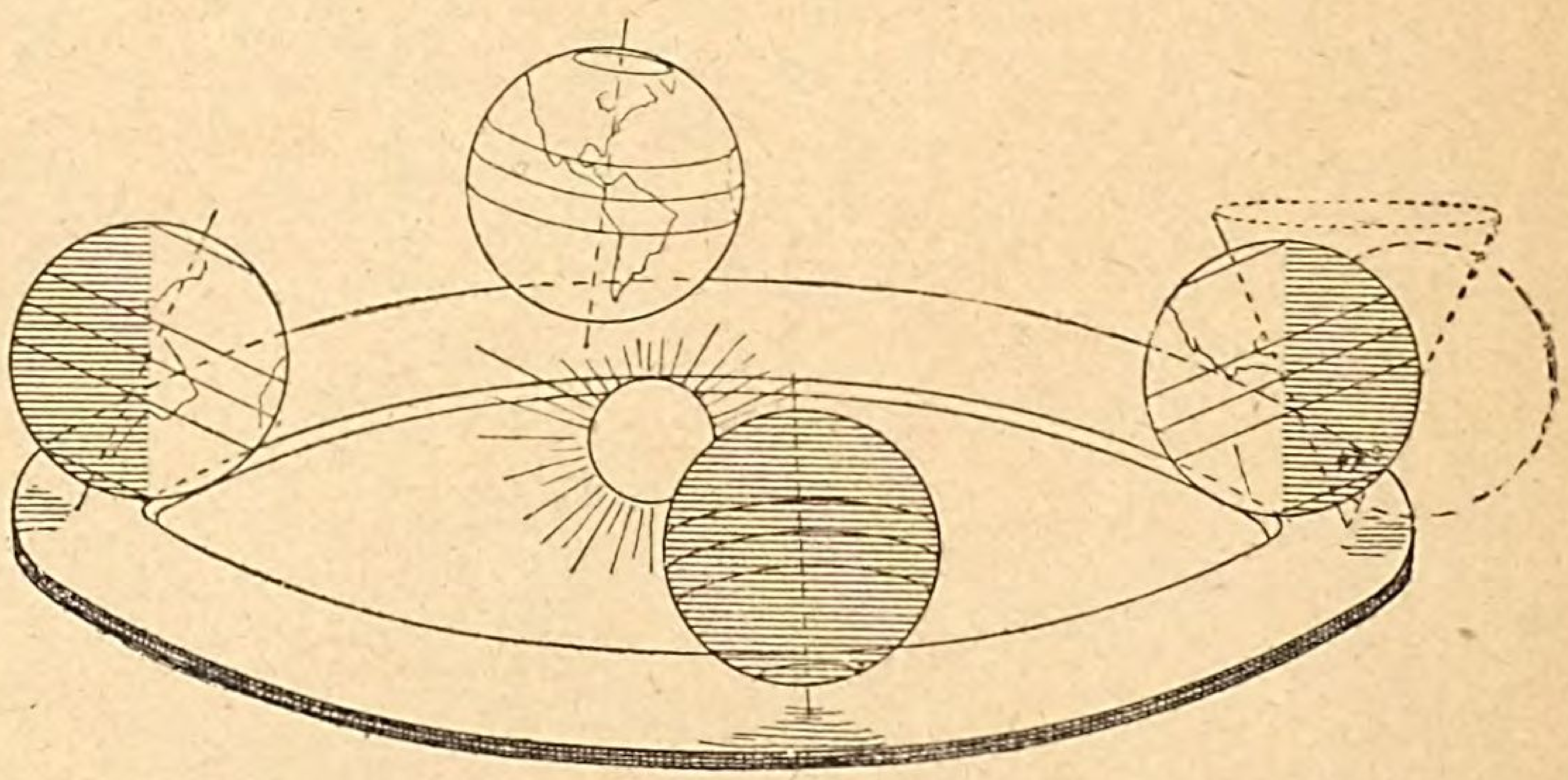
Gleich zu Anfang des neuen Zeitalters geschah eine Geistesthat, die bereits Pythagoras vorahnend angebahnt hatte, als er den Gedanken aussprach, daß nicht die Erde, sondern die Sonne den Mittelpunkt des Weltalls bilde. Diesem Gedanken wissenschaftlich begründeten Ausdruck zu geben, war einem Deutschen vorbehalten. Kopernikus oder, wie er sich selbst schrieb Coppernicus, eigentlich Niklas Koppernigk, der 1473 zu Thorn geborene Sohn eines Großhändlers, der aus Krakau gebürtig war aber von einer schlesischen Familie herstammte, hatte nach Beendigung seiner Studien dem Priesterstande sich gewidmet, neben der Gottesgelahrtheit und den Rechtswissenschaften aber auch Medizin und Himmelskunde studiert und wurde, nachdem er zu Ferrara 1503 die Würden eines Doctor decretorum erworben, Berater des Bischofs Watzelrode von Ermland. Auf dessen Schloß Heilsberg widmete er sich aufs neue seinen astronomischen Studien und baute hier seine Gedanken über die Einrichtung des Kosmos zu einem förmlichen Lehrgebäude aus, das er, nachdem er 1512 infolge des Ablebens seines Bischofs Heilsberg verlassen hatte und an den Sitz seines Domstiftes Frauenburg übersiedelt war, hier zur Vollendung brachte. Im Jahre 1530 hatte er sein Werk „De Revolutionibus orbium coelestium“ (von den Bewegungen der Himmelskörper) im Wesentlichen vollendet, übergab dasselbe aber erst kurz vor seinem

1543 eingetretenen Tode durch den Druck der Oeffentlichkeit. Er entwickelte darin auf streng mathematischer Grundlage seine Anschauungen über die Stellung der Erde im Weltsystem und führte den Beweis, daß die Sonne den Mittelpunkt des Kreislaufes der Erde und der übrigen Planeten bilde. Er zeigte klar, daß sich alle Bewegungserscheinungen am Himmel und namentlich die Bewegungen der Planeten weit einfacher und natürlicher bei zu Grundelegung der eben erwähnten Annahme erklären lassen als auf Grund des Ptolemäischen Systemes mit seinen verwickelten Epicyklen. Die tägliche Umdrehung des Himmels, die sich die Alten durch ihre Sphärentheorie zu erklären suchten, erkannte er als eine nur scheinbare, hervorgerufen durch eine tägliche Umdrehung der Erde um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Achse. War mit dieser Annahme sowohl die scheinbare Bewegung des ganzen Himmels als auch diejenige der Sonne und damit zugleich der Wechsel von Tag und Nacht erklärt, so fand andererseits die Bewegung der Planeten ihre einfache Erklärung in der weiteren kopernikanischen Lehre, daß sie, ganz ebenso wie unsere Erde selbst, Wandelsterne seien, deren Bahn um den gleichen Mittelpunkt, die Sonne, sich bewegen. Noch unter dem Einfluß der alten geocentrischen*) Weltanschauung stehend, beherrschte ihn die Ansicht, daß die Erde als Mittelpunkt des Weltalls eine unverrückbare Stellung zu diesem einnehmen müsse, da sonst die stets unveränderlich zurückkehrende Gruppierung der Sternbilder nicht denkbar wäre. So lange man sich noch die Erde selbst als unbeweglich und den ganzen Kosmos (von Sonne, Mond und Planeten abgesehen) als um dieselbe sich drehend vorstellte, war auch kein Grund vorhanden, die Unverrückbarkeit der Lage der Erde im Weltraum zu bezweifeln; so bald man aber die Erde als einen um ihre eigene Achse und um die Sonne sich drehenden Erdkörper ansah, mußte der Gedanke ihrer unverrückbaren Lage aufgegeben oder auf ihre Achse allein bezogen werden. In diesem Falle aber war die Erklärung einer der wichtigsten Erscheinungen, nämlich diejenige des Wechsels der Jahreszeiten, unmöglich gemacht; denn bei unverrückbarer Achsenstellung mußte der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen auf der dem Tagesgestirn zugekehrten Erdhälfte das ganze Jahr hindurch der gleiche bleiben. Wird die Erdachse als senkrecht zu der Ebene betrachtet, in der sich der Umlauf der Erde um die Sonne innerhalb Jahresfrist vollzieht, so muß jeder Punkt am Aequator **) das ganze Jahr hindurch zur Mittagszeit von den Sonnenstrahlen senkrecht getroffen werden und in den nördlich und südlich vom Aequator gelegenen Erdteilen bis zu den Polen hinauf muß der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen zu einer bestimmten Tageszeit jahraus jahrein stets derselbe sein. Die Belichtung der Pole muß eine gleichmäßige und stetige sein; es kann also weder eine halbjährige Nacht noch einen halbjährigen Tag an denselben geben. In den gemäßigten Zonen ist ein Wechsel von Sommer und Winter ausgeschlossen, in den Tropen muß die gleiche Temperatur das ganze Jahr hindurch herrschen. Thatsächlich liegen aber die Verhältnisse bekanntlich anders; wir haben die langen Tage und Nächte an den Polen, die Jahreszeiten, und der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen wechselt innerhalb des Tropengürtels in der Weise ab, daß jeder innerhalb desselben gelegene Punkt nur einmal im Jahre senkrecht von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Mit dieser Thatsache steht nun die Annahme der unverrückbaren Lage der Erdachse im Widerspruch, und um über diesen hinauszukommen, mußte man die Beweglichkeit der Erdachse annehmen. Man kann sich diese Beweglichkeit der Erdachse in der Weise denken, daß man sich die Erdbahn — wie dies in der oberen Abbildung auf S. 44 veranschaulicht ist — als einen Radreifen vorstellt, der sich um die Sonne dreht und an welchem die Erdachse mit einem

*) Geocentrisch, aus Gea, die Erde, und Centrum, der Mittelpunkt, gebildet, nennt man diejenige Weltanschauung, die als Erstes und Höchstes im Weltall die Erde und den Menschen betrachtet. Nach dem Aufkommen der kopernikanischen Lehre wandte man sich der nach Helios, dem Sonnengott der Griechen, benannten heliocentrischen Weltanschauung zu, die den Schwerpunkt der kosmischen Verhältnisse in dem uns zunächst gelegenen Teile des Weltraumes in die Sonne verlegt.

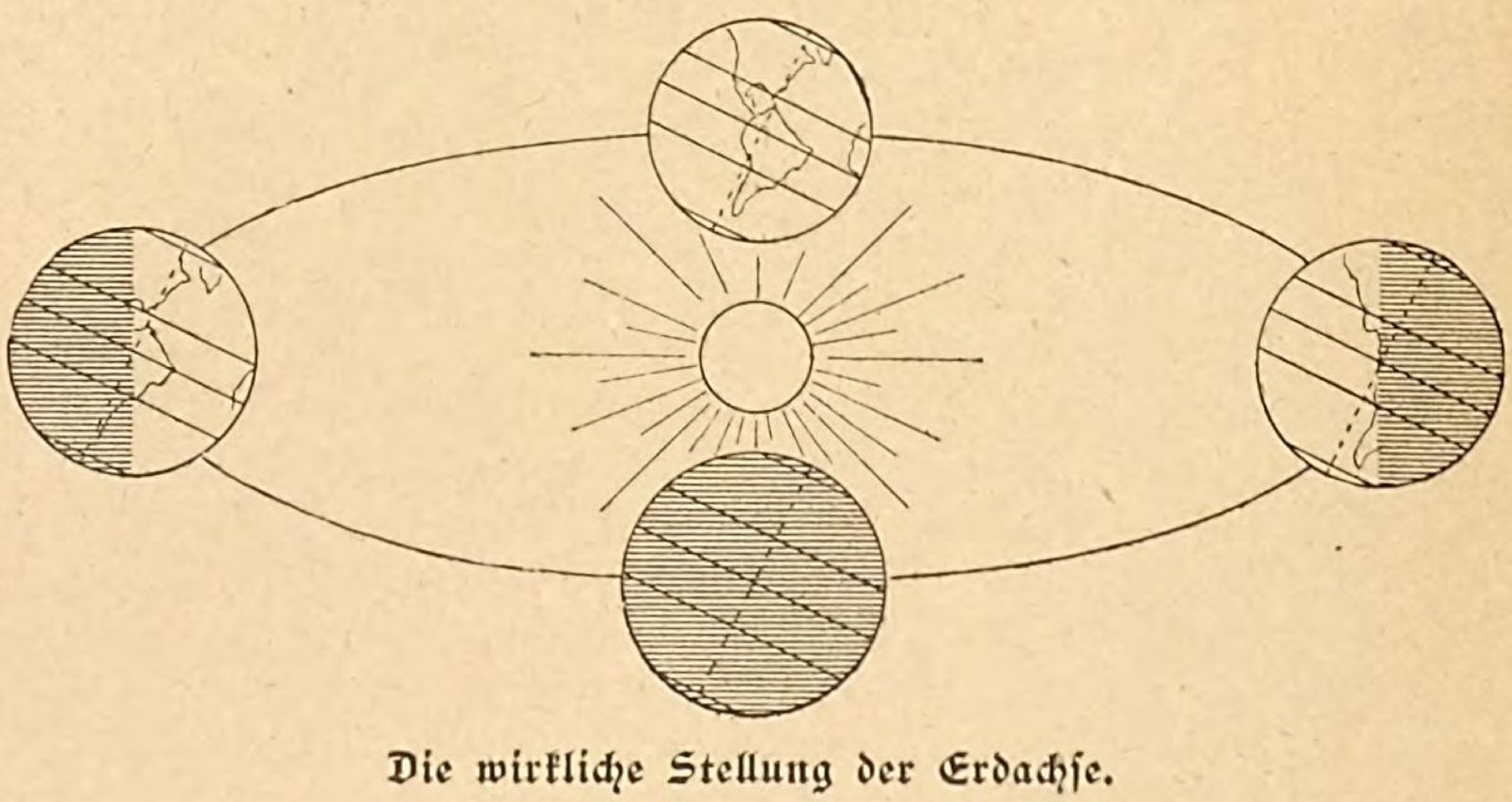
**) „Aequator" s. v. w. Gleicher oder Teiler, diejenige Kreislinie, die um den größten Umfang der Erde gelegt gedacht wird, und zwar in einer Ebene, auf die die Erdachse mit ihren beiden Endpunkten oder Polen senkrecht steht.

ihrer Endpunkte festhaftet, während der andere Endpunkt im Verlaufe der Umdrehung eine Ebene umkreist, deren Mittelpunkt senkrecht über dem festen Endpunkt der Achse gelegen ist, so daß die Bewegung der Erdachse eine geometrische Figur umschreiben würde, die der Mantelfläche eines Kegels gleich ist. Die Spitze dieses Kegels würde der am Radreifen der Erdbahn festhaftende Pol, die Basis (Grundfläche) die von dem beweglichen Pol umschriebene Kreisebene bilden. In der That nahm Kopernikus eine derartige Bewegung



Die Stellung und Bewegung der Erdachse
nach Kopernikus.

der Erdachse an und glaubte diese als eine besondere Bewegungsart den anderen bereits besprochenen anfügen zu müssen. Natürlich müßte diese Form der Bewegung auf eine geheimnisvolle Kraft zurückgeführt werden, durch die der eine Pol an der Erdbahn festgehalten wird, während der andere seine Kreisbewegung völlig willkürlich ausführen müßte, da ein gesetzmäßiger Anlaß zu derselben in keiner der bekannten Naturkräfte gefunden werden kann. Heute wissen wir, daß die Erdachse ihre Lage unverändert — oder doch nur unter verhältnis-

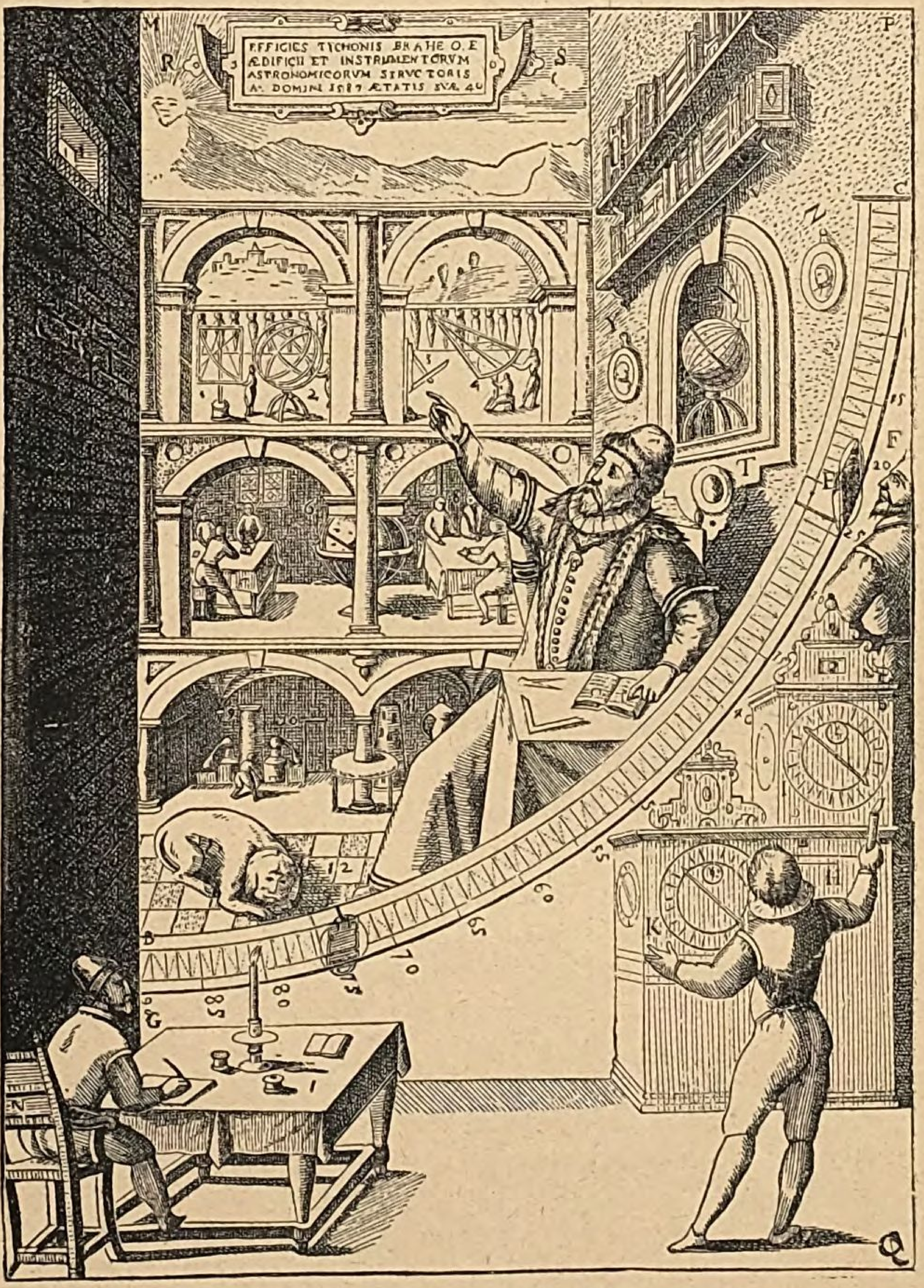


Die wirkliche Stellung der Erdachse.

mäßig geringen und auf sehr große Zeiträume verteilten Schwankungen — beibehält, daß sie aber nicht senkrecht auf die Ebene der Erdbahn steht, sondern sich in einem Winkel gegen dieselbe neigt, wie die obenstehende Abbildung zeigt.

Thatsächlich war Kopernikus nicht im stande, für sein System andere als durch genaue Berechnungen unterstützte Wahrscheinlichkeitsgründe vorzubringen. Er war von der Richtigkeit seiner Anschauungsweise fest überzeugt, doch blieb es ihm verwehrt, diese Ueberzeugung in seinem Werke selbst zum Ausdrucke zu bringen. Wie schon erwähnt, hatte er sich erst kurz

vor seinem Tode zur Veröffentlichung desselben entschlossen und die Herausgabe wurde erst nach seinem Hinscheiden durch dritte Hand besorgt. Mit Rücksicht auf den damals noch unbeschränkt herrschenden Kirchenglauben war der Herausgeber (der lutherische Prediger Osiander, eigentlich Hosemann) bemüht, dem Werke ein möglichst harmloses Aussehen zu geben, um es gegen die Anklage der Ketzerei sicherzustellen; er ließ daher die von Kopernikus verfaßte Vorrede weg und ersetzte sie durch eine selbstverfaßte, die das Ganze mehr als eine philosophische Betrachtung denn als wissenschaftliche Behauptung erscheinen ließ. Nichtsdestoweniger begegnete das Werk des Kopernikus mannigfachen Anfeindungen von kirchlicher, namentlich protestantischer Seite; die Ansichten der katholischen Gelehrten über dasselbe waren zwar auch geteilt, allein die Gegner traten nicht so entschieden gegen dasselbe auf, weil es dem Papste Paul III. zugeeignet war und daher gewissermaßen der Deckung durch diese höchste Autorität sich erfreute. Erst drei Viertel Jahrhunderte nach seinem Erscheinen wurde es auch von Rom aus amtlich verboten und auf den sogenannten „Index librorum prohibitorum“ (Verzeichnis der verbotenen Bücher) gesetzt, auf welchem es beinahe anderthalb Jahrhunderte stehen blieb, bis es endlich 1757 von demselben wieder abgesetzt wurde; die endgültige Freigabe der Lehre der Bewegung der Erde für die katholische Welt erfolgte aber erst in unserem Jahrhundert (1822).



Tycho Brahe an seinem großen Mauerquadranten.

Aus „Astronomiae instauratae mechanica“.

BC ist der im Meridian an einer Mauer befestigte Quadrant mit den beweglichen Diopteru D und E; im Centrum des Quadranten an einer zweiten normal zur ersteren stehenden Mauer der feste Diopter A. Der Beobachter F blickt durch E und A nach dem Gestirn; der Gehilfe H bemerkt die Zeit an den Zifferblättern K und I der Uhr; der Gehilfe G notiert diese, sowie die am Quadranten abgelesene Meridianhöhe (CE); Tycho selbst leitet die Beobachtungen von erhöhtem Sitz. — Im Hintergrunde sind andere Räume des Observatoriums mit verschiedenen Instrumenten und Apparaten dargestellt.

Im wissenschaftlichen Lager fand Kopernikus schon unter seinen Zeitgenossen manche eifrige Verfechter seiner Lehre, die seither zur Grundlage aller weiteren Fortschritte der Astronomie geworden ist. Aber auch für die Wissenschaft und die Weltanschauungen im allgemeinen ist diese Lehre und deren allgemeine grundsätzliche Anerkennung von höchster Bedeutung geworden. So lange man sich noch das Weltall als einen in Sphären eingeschachtelten Hohlraum mit der Erde als Mittelpunkt und außerhalb desselben einen Herrn der Welt als Schöpfer, Lenker und Erhalter desselben, umgeben von einem Hofstaate himmlischer

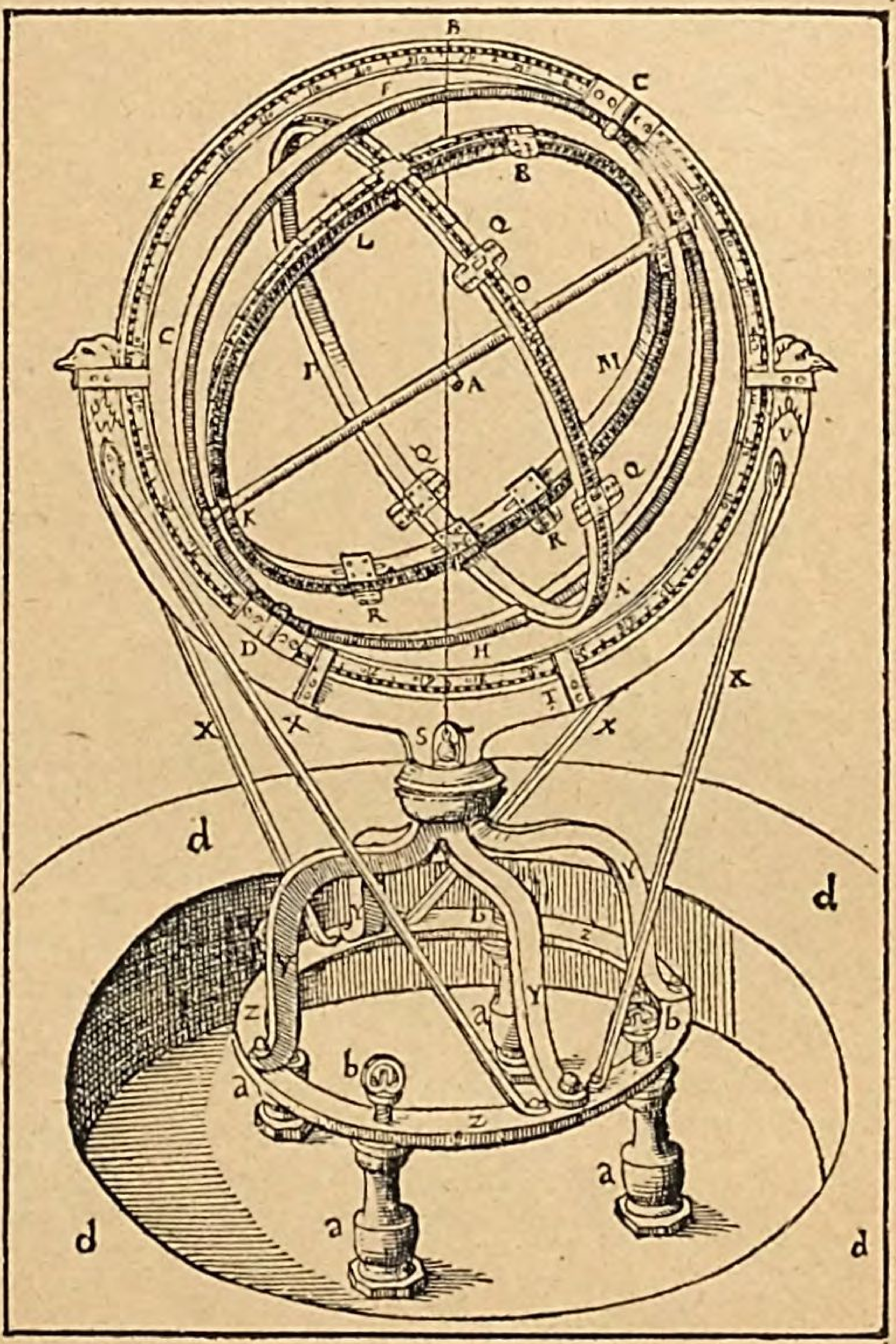
Geister vorstellte, mußte die Weltanschauung notwendig eine beschränkte bleiben und ihr Schwerpunkt in dem kleinen Erdenleben und in dessen Beziehungen zu den übernatürlichen Mächten des Jenseits ruhen. Von dem Augenblick an, da die Erde mit Inbegriff des Menschen und der von diesem geschaffenen Vorstellungswelt als das erkannt worden war, was sie wirklich ist, nämlich als einer von den ungezählten Himmelskörpern und zwar nicht etwa als der vornehmste derselben, sondern nur als untergeordneter Bestandteil eines einzelnen Systemes von solchen, mußte aber die Denkrichtung in ganz neue Bahnen einlenken und die Anschauungsweise der Wissenschaft gewann einen ins Ungemessene sich erstreckenden freien Spielraum. Der Drang, diesen Spielraum auszunützen, steigerte den Scharfsinn der Forscher und ließ sie auch die Mittel finden, deren sie zur Erzielung weiterer Fortschritte bedurften.

Der Astronomie erstand bereits in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts in dem Schweden Tycho Brahe (1546—1601) ein ausgezeichneter Förderer. Ursprünglich gegen seine Neigung zum Rechtsgelehrten bestimmt, beschäftigte sich Brahe während seiner Studienzeit, die er in Kopenhagen und Leipzig verbrachte, heimlich mit der Astronomie und begab sich dann für mehrere Jahre auf Reisen. In den Besitz einer bedeutenden Erbschaft gelangt, wandte er sich 1565 gänzlich seiner Lieblingswissenschaft zu und erwarb sich durch seine Leistungen auf diesem Gebiete — so beispielsweise durch die Entdeckung eines neuen Sternes in der Kassiopeia — einen ehrenvollen Ruf. Der dänische König Friedrich II. belehnte ihn 1576 mit der Insel Hven und stellte ihm neben einem Jahrgehalt auch die nötigen Mittel zur Errichtung einer Sternwarte und Beschaffung der erforderlichen Instrumente und Apparate zur Verfolgung seiner astronomischen, mathematischen und chemischen Studien zur Verfügung. Im Jahre 1580 erstand auf jener Insel die Uranienburg, an deren Erbauung und Ausstattung Tycho Brahe einen großen Teil seines eigenen Vermögens verwandte. Nach der Schilderung und Abbildung, die der Meister selbst in seinem Werke „Astronomiae instauratae mechanica" von diesem Bau gegeben hat, muß derselbe von großer Pracht und Ueppigkeit gewesen sein; die Uranienburg besaß sogar ihre eigene Buchdruckerei und Gastzimmer für hohe Besuche, die sich denn auch zahlreich einstellten und dem freigebigen Wirte große Summen kosteten. Das Hauptverdienst Tycho Brahes um die Verbesserung der Sternkunde bestand in der Genauigkeit seiner Beobachtungen und den namhaften Verbesserungen, die er an den Instrumenten seiner Zeit anbrachte; freilich war die Herstellung dieser kostbaren Instrumente nur mit den reichen Mitteln möglich, die ihm zur Verfügung standen. Eine große Himmelskugel, die er aus Messing herstellen ließ, soll 500 Thaler gekostet haben, für jene Zeit eine Unsumme. Noch kostspieliger war jedenfalls der große Mauerquadrant*) mit seinen Neben-Instrumenten, den unsere Ab-

---

*) Quadrant nennt man ein von den Astronomen und Seefahrern früher vielfach benutztes Instrument, mittels dessen die Höhe von Gestirnen beobachtet wird. Die ältesten Quadranten bestanden aus einer hölzernen oder metallenen Viertelkreisscheibe, deren Bogen mit Gradeinteilung versehen war; ein am Mittelpunkt des Quadranten befestigtes Lot glitt an dieser Gradeinteilung hin, wenn man über die eine Kante des Quadranten durch die an derselben angebrachten Visiere nach dem zu beobachtenden Sterne blickte. Die Mauerquadranten, die von Tycho Brahe ersonnen und zuerst angewandt wurden, waren an einer Mauer angebracht, die in der Richtung des Meridians des Ortes gestellt war. Dieselben gestatteten schon wegen ihrer Größe eine genauere Beobachtung, die sich natürlich noch steigerte, nachdem man an Stelle des Diopters, d. h. des aus den vorerwähnten zwei Visieren bestehenden Instrumentes, das Fernrohr gesetzt hatte. Gegenwärtig ist der Quadrant durch den Sextanten und den Meridiankreis verdrängt worden. Ersterer hat seinen Namen daher, daß er den sechsten Teil eines Kreises, also einen Bogen von 60°, bildet; er ist mit einem Spiegel versehen, der die Beobachtung in viel einfacherer Weise ermöglicht, und seine Teilung ist so eingerichtet, daß sich aus dem am Instrument abgelesenen Winkel der gesuchte Winkel stets von selbst ergiebt und bis auf 20 Sekunden genau abgelesen werden kann. Der Meridiankreis ist eines der Hauptinstrumente aller größeren Sternwarten. Er hat seinen Namen vom Meridian, d. i. diejenige Ebene, die durch den Nord- und Südpunkt des Horizontes (Gesichtskreises) geht und sowohl zu diesem als auch zum Aequator im rechten Winkel steht; auch werden diejenigen halbkreisartigen Linien Meridiane genannt, die man sich längs der Oberfläche der Erde zwischen Nord- und Südpol gezogen denkt. Das unter dem Namen Meridiankreis bekannte Instrument hat den Zweck, die Deklination (Abweichung) und Rektascension (Geradeaufsteigung) der Gestirne zu bestimmen,

bildung auf S. 45 wiedergiebt, zum mindesten hinsichtlich seiner Bedienung, zu der stets drei Leute erforderlich waren: der Beobachter, der das Ocular-Diopter auf den zu beobachtenden Stern einstellte und dessen Stand ablas; im Augenblick des Durchgangs desselben gab er dem Gehilfen, der an den Uhren stand, ein Signal, worauf dieser Minute und Sekunde des Durchgangs angab. Ein zweiter Gehilfe trug die vom Beobachter und dem ersten Gehilfen empfangenen Angaben sofort in das Beobachtungsbuch ein. Das Instrument, mittels dessen Tycho Brahe den größten Teil seiner Planetenbeobachtungen machte, war eine sogenannte *Armillarsphäre* oder Ringkugel, deren sich schon Hipparch und Ptolemäus bedient haben sollen und deren Erfindung dem Eratosthenes (im 3. Jahrhundert v. Chr.) zugeschrieben wird, die aber von Tycho Brahe wesentlich verbessert wurde. Dieses Instrument bestand, wie die nebenstehende Abbildung zeigt, aus einer Anzahl von Ringen, die die wichtigsten Kreise der Himmelskugel, wie Aequator, Ekliptik u. s. w. darstellten und von denen einige an gemeinschaftlicher Achse verschiebbar waren; durch richtige Einstellung des ganzen Instrumentes sowie der verschiebbaren Ringe konnte man die Zeit ziemlich genau bestimmen, in welcher die verschiedenen astronomischen Beobachtungen an anderen Instrumenten (Quadranten u. s. w.) gemacht wurden. Von den astronomischen Entdeckungen Tycho Brahes ist diejenige der Ungleichheit in der Bewegung des Mondes sowie der Veränderlichkeit der Mondbahn gegen die Ekliptik hervorzuheben; auch verdanken wir ihm die Verbesserung und Bereicherung der Sternkarten. Er stellte einen Fixsternkatalog zusammen, in welchem genaue Einzelheiten betreffs der Stellung von mehr als achthundert Sternen nach Länge und Breite enthalten waren. Auch seine fortgesetzten Beobachtungen der Planeten lieferten ein wertvolles Material, das dann später von Kepler bearbeitet wurde. In Bezug auf die Weltanschauung war der verdienstvolle Astronom jedoch in einen Rückschritt verfallen, indem er, auf der Thatsache fußend, daß die kopernikanische Lehre mit seinen Berechnungen nicht immer übereinstimmte, das System des Kopernikus wieder umwarf und bloß die Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn um die Sonne, diese selbst aber mit allen ihren Planeten um die Erde als den ruhenden Mittelpunkt des Weltalls kreisen ließ. Glücklicherweise hat diese Anschauung Tycho Brahes den Glauben an Kopernikus in der



Tycho Brahe's Armillae zodiacales.

d. h. den Abstand des Gestirnes vom Aequator und dasjenige Bogenstück des letzteren zu messen, das zwischen dem Frühlingspunkte und dem Deklinationskreis des betreffenden Gestirnes gelegen ist. Unter Aequator ist aber hier nicht der Erd-, sondern der Himmelsäquator zu verstehen, d. h diejenige Kreislinie und die von derselben umschriebene Ebene, durch die man sich die hohle Himmelskugel in der Mitte zwischen ihren beiden Polen und senkrecht auf ihre Achse in zwei gleiche Teile zerlegt denkt. Dieser Himmelsäquator schneidet sich an zwei Punkten mit einer anderen Kreislinie, die die scheinbare Bahn der Sonne am Himmelsgewölbe bezeichnet und *Ekliptik* genannt wird; der eine der Schnittpunkte bezeichnet den Stand der Sonne zu Frühlingsanfang und heißt *Frühlingspunkt*, der andere, in welchem sich die Sonne zur Zeit des Herbstanfanges befindet, *Herbstpunkt*.

gelehrten Welt nicht mehr erschüttern können. Tycho Brahe starb bereits im 55. Lebensjahre; seine Sammlung astronomischer und anderer Instrumente kaufte Kaiser Rudolf II., an dessen Hof Brahe 1599 übersiedelt war; doch ging die ganze kostbare Sammlung während des dreißigjährigen Krieges zu Grunde, und nur ein großer Sextant befindet sich jetzt noch in Prag.

Ein weiterer wesentlicher Fortschritt des 16. Jahrhunderts ist die Einführung des Gregorianischen Kalenders, durch die die Kulturwelt von einem Irrtum in der Zeitrechnung befreit wurde, den sie seit Julius Cäsars Zeiten durch die Jahrhunderte mit sich schleppte. Der große römische Imperator hatte im Jahre 46 v. Chr. den sogenannten Julianischen Kalender zur Grundlage der Zeitrechnung gemacht, die dann durch die Ausbreitung der Römerherrschaft über den größten Teil der alten Kulturwelt für diese maßgebend wurde. Der Julianische Kalender bemaß das bürgerliche Jahr auf 365 Tage, also gegenüber dem Sonnenjahr um den Bruchteil eines Tages zu kurz. Dieser Bruchteil wurde auf den vierten Teil eines Tages angenommen, und der Fehler sollte dadurch wieder ausgeglichen werden, daß man auf drei Jahre von je 365 ein viertes von 366 folgen ließ. In den sechzehn Jahrhunderten, in deren Verlauf der Julianische Kalender Geltung behielt, ergab sich indes, daß der Ausgleich durch die Schalttage ungenau war, indem durch denselben das Maß der notwendigen Einschaltungen überschritten wurde. Papst Gregor XIII. führte daher 1582 auf Grund eines Beschlusses des Tridentinischen Konzils eine Neuausgleichung ein, indem er den Schalttag im letzten Jahre eines jeden Jahrhunderts ausfallen ließ, ausgenommen diejenigen Jahrhunderte, deren (Jahrhunderts-) Zahl durch 4 teilbar ist, wie dies beispielsweise das nächste Mal im Jahre 2000 (am Ende des 20. Jahrhunderts), dann im Jahre 2400, 2800 u. s. w. der Fall sein wird. Da durch den Fehler der Julianischen Zeitrechnung die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche ebenfalls im Laufe der Zeit mit Bezug auf den Kalender, der seit dem 4. Jahrhundert n. Chr. diesen Tag auf den 21. März festgesetzt hatte, beträchtlich verschoben worden war, so wurde bei Einsetzung des Gregorianischen Kalenders ein Zeitraum von zehn Tagen ausgeschaltet, so daß auf den 4. gleich der 15. Oktober 1582 folgte. Mit Ausnahme der Russen und der übrigen Angehörigen der nicht unierten griechischen Kirche haben alle Kulturvölker teils schon zur Zeit der Einführung der neuen Zeitrechnung, teils im Laufe des 16. bis 18. Jahrhunderts den Gregorianischen Kalender angenommen, während jene bei der Julianischen Zeitrechnung beharrten und infolgedessen zur Zeit um zwölf Tage hinter unserem Kalender zurück sind, von 1900 an aber um dreizehn Tage hinter demselben zurück sein werden.



Galilei.
Nach einem Stahlstiche von unbekannter Hand.

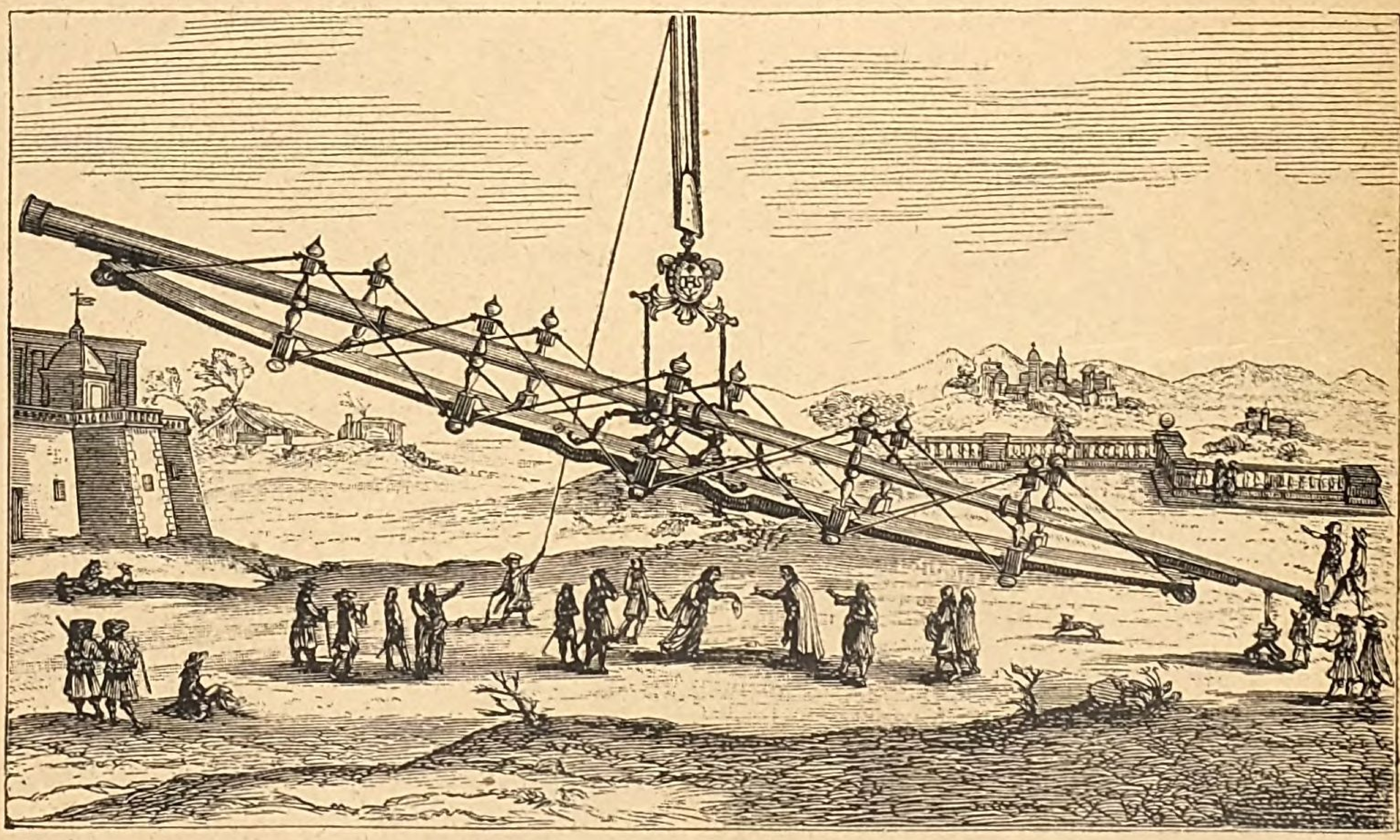
Einen ganz bedeutenden Fortschritt machte die astronomische Wissenschaft infolge der bereits erwähnten Erfindung des Fernrohres, die in das erste Jahrzehnt des 17. Jahrhunderts fällt. Um diese Zeit wirkte Johannes Kepler am kaiserlichen Hofe zu Wien, wo er an Stelle Tycho Brahes den Posten eines kaiserlichen Mathematikers und Hofastrologen erhalten hatte, und an der Universität zu Padua hatte Galileo Galilei den Lehrstuhl der Mathematik inne. Dieser letztere war bereits nicht nur durch seine mathematischen Leistungen sondern auch durch seine Schriften über die Theorie der Musik, durch seine Entdeckung der hydrostatischen Wage, zu der ihn das Studium des Archimedes geleitet hatte, durch seine Abhandlungen über die Gesetze des Falles und andere Schriften und Erfindungen zu europäischem Rufe gelangt. Großes Aufsehen erregte er durch die Entdeckung eines veränderlichen Sternes, der im Oktober 1604 erschienen, nach Jahresfrist aber wieder verschwunden war und von ihm als ein Beweis gegen die althergebrachte Anschauung von der Unveränderlichkeit des Himmels benutzt wurde. Im Jahre 1609 gelangte die Kunde zu ihm, daß in Middelburg kurz vorher ein Fernrohr hergestellt worden sei, und sofort machte er sich daran, selbst ein solches zu konstruieren. Er entdeckte mit demselben die Unebenheit der Mondoberfläche, die Milchstraße löste sich darin in zahllose einzelne Sterne auf, im Sternbild des Orion, das man sich bis dahin aus sieben Gestirnen zusammengesetzt gedacht hatte, entdeckte er 500 neue Sterne, und die Zahl der Plejaden, des „Siebengestirns“ der Alten, wuchs auf 36 an. Anfangs des nächsten Jahres (1610) entdeckte er die Monde des Jupiters und stellte damit die Thatsache fest, daß ein Mittelpunkt einer Bewegung sich auch selbst wieder bewegen könne. Im Herbst desselben Jahres erkannte er die Phasen (wechselnden Lichtbilder) der Venus und des Mars und die Ringe des Saturns. Zu Neujahr 1611 stellte er den Satz auf, daß die Planeten keine selbstleuchtenden Himmelskörper seien, sondern ihr Licht von der Sonne erhielten, und bald darauf verkündete er die Lehre, daß auch die Sonne sich um ihre eigene Achse drehe.

Selbstverständlich erregten alle diese so rasch aufeinander folgenden Entdeckungen das größte Aufsehen, und während die freier denkende Gelehrtenwelt die Kunde von denselben mit größter Bewunderung aufnahm, erblickten die kirchengläubigen Gegner Galileis in dessen Lehren eine gegen die Bibel und die Glaubenssätze der Kirche gerichtete Ketzerei und steckten sich hinter die Inquisition in Rom, um durch diese den verhaßten Aufklärer zu Falle zu bringen. Galilei fuhr jedoch fort, die Früchte seiner Erforschungen durch Veröffentlichung derselben der Welt zugänglich zu machen. In seiner Schrift über die Sonnenflecken verteidigte er offen die kopernikanische Lehre, und in einem Briefe an einen seiner eifrigsten Schüler brachte er die kühne Ansicht zum Ausdrucke, daß es Sache der Gottesgelahrtheit sei, die heilige Schrift in Uebereinstimmung mit den durch die Naturwissenschaft festgestellten Thatsachen zu bringen, statt umgekehrt diese Thatsachen als Ketzerei hinzustellen, weil sie mit dem Inhalte der Bibel nicht übereinstimmten. Dieser Brief gelangte in die Hände der Gegner Galileis und wurde der Inquisition übergeben, die sich zunächst damit begnügte, Galilei zu ermahnen, sich jeder Lehre, Verteidigung oder Besprechung der kopernikanischen Lehrmeinung zu enthalten (1616).

Inzwischen hatte auch Kepler mit dem Fernrohr sich beschäftigt und eine theoretische Erklärung desselben gegeben, auf Grund deren 1613 von Scheiner das weit vollkommenere sogenannte astronomische oder Keplersche Fernrohr konstruiert wurde. Während das holländische oder Galileische Fernrohr unserem jetzigen Taschenperspektiv oder Feldstecher ähnlich beschaffen war und infolgedessen nur eine mäßige Vergrößerung bei beschränktem Gesichtsfelde gewährte, hatte das Keplersche den Vorzug einer größeren Lichtstärke bei weiterem Gesichtsfelde und gestattete, da in demselben ein wirkliches Bild des Objektes im Brennpunkte entsteht, die Ausführung astronomischer Messungen, wogegen der Nachteil, daß es die Gegenstände umgekehrt zeigt, für die Beobachtung der Gestirne unwesentlich ist. Mit Hilfe seines Fernrohres war Kepler in die Lage gesetzt, auf Grund der Beobachtungen Tycho Brahes weiter zu arbeiten und so das Material für die nach ihm benannten Keplerschen Gesetze zu gewinnen, von denen dasjenige, wonach die Planeten sich in Ellipsen

bewegen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, das am allgemeinsten bekannt gewordene ist. Er hinterließ ein vollständiges Handbuch der Astronomie, das auf dem Grunde der kopernikanischen Lehre aufgebaut ist.

Das traurige Schicksal Keplers haben wir bereits kennen gelernt. Sein Zeitgenosse Galilei blieb gleichfalls von harten Schicksalsschlägen nicht verschont, wenngleich diese von völlig verschiedener Natur waren. Während Kepler Zeit seines Lebens mit materiellen Sorgen zu kämpfen hatte, war Galilei fortwährend den Anfeindungen seiner kirchengläubigen Gegner ausgesetzt. Wohl behauptete er eine Zeit lang diesen gegenüber die Oberhand; eine von den Jesuiten gegen seine 1623 veröffentlichte Streitschrift „il saggiatore“ gerichtete Denunziation wurde von der Inquisition statt des erhofften Verbotes durch Lob und Empfehlung ausgezeichnet, und der Papst Urban VIII. nahm die Widmung dieses Buches an. Auch sein in Gesprächsform abgefaßtes Werk, das 1632 erschien und



Fernrohr des 17. Jahrhunderts
aus Bianchini „Hespere et Phosphori nova phaenomena“ (Rom 1728).

eine glänzende Verteidigung der kopernikanischen Lehre unter Zugrundelegung der eigenen Forschungen und Entdeckungen Galileis enthielt, wurde sowohl vom römischen als auch vom florentinischen Inquisitor mit dem „Imprimatur“ (der Druckerlaubnis) versehen. Allein die außerordentliche Wirkung, die dieses Werk hervorbrachte, bestimmte die Gegner Galileis zu einem mit allen Mitteln geführten Kampfe gegen dasselbe. Selbst die niedrigste Verleumdung mußte herhalten, um Urban VIII. gegen den früher von ihm begünstigten Galilei einzunehmen; man machte dem Papste weis, daß er selbst unter der wenig schmeichelhaften Gestalt des Simplicius, dem in dem Buche die Rolle des Verteidigers des Ptolemäischen Systems zugeteilt wurde, verkörpert und dem Gespötte der Welt preisgegeben sei. Der Verkauf des Buches wurde verboten und Galilei, der damals bereits im 68. Lebensjahre stand, vor das Inquisitionsgericht geladen. Er wurde viermal verhört und während dieser Zeit als Gefangener behandelt; ob er auch gefoltert wurde, ist nicht entschieden, Thatsache aber ist, daß er am 22. Juni 1633 die kopernikanische Lehre in öffentlicher feierlicher Sitzung abschwören mußte. Die im Urteil des Inquisitionshofes über

ihn verhängte Kerkerhaft verwandelte der Papst in leichten Arrest in einer Villa, die der Großherzog von Toskana in Rom besaß und zu diesem Zwecke gern zur Verfügung stellte; noch zu Ende desselben Jahres gestattete man Galilei, in seiner eigenen Villa bei Florenz Aufenthalt zu nehmen. Er widmete sich fortan ausschließlich seinen wissenschaftlichen Arbeiten, die er auch nach seiner 1637 eingetretenen Erblindung nicht einstellte. In dieser Zeit entstanden noch wichtige Arbeiten über die scheinbaren Schwankungen („Librationen") der Mondkugel und Galileis zweites Hauptwerk, die „Dialoghe delle nuove scienze" (Gespräche über die neuen Wissenschaften), in dem er u. a. die Lehre von der Kohäsion und die Grundlagen der mechanischen Physik niederlegte. Ein Jahr vor seinem Tode erfand Galilei die Pendeluhr; 1642 starb er.

Das Keplersche Fernrohr wurde im Verlaufe des 17. Jahrhunderts dadurch wesentlich verbessert, daß man die in einer Linse stets entstehende Zerstreuung und Trennung des Lichtes (letztere bewirkt die Farbenbildung an den Rändern des beobachteten Gegenstandes, erstere die Verwaschung der Umrisse desselben), die sogenannte chromatische Aberration, durch Verlängerung des Fernrohres wesentlich verringerte, wobei zugleich die Vergrößerung gesteigert wurde. Man fertigte Fernrohre von 30, 40 und mehr Meter Länge an, deren schwerfälliger Bau aus der nebenstehenden Abbildung deutlich genug hervorgeht. Manche Astronomen jener Zeit verzichteten sogar gänzlich auf das Rohr und verbanden die beiden Gläser des Fernrohres (Objektiv und Okular, ersteres das dem Objekte d. h. dem zu beobachtenden Gegenstande, letzteres dem Auge — oculus — des Beobachters zugekehrte Glas) mit einer Stange von entsprechender Länge oder brachten das Objektiv auf einer hohen Säule an, wogegen das Okular sich nahe dem Boden befand. Erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts gelang es, die Grundsätze auf wissenschaftlichem Wege zu finden, nach denen „achromatische" d. h. nicht farbenbrechende Linsen und Fernrohre hergestellt werden konnten, und der englische Optiker John Dollond brachte 1748 das erste achromatische Fernrohr zu stande, dessen Linse aus Crown- und Flintglas*) zusammengesetzt wurde. Diese beiden Glassorten haben nämlich nahezu das gleiche



Wilhelm Herschel.

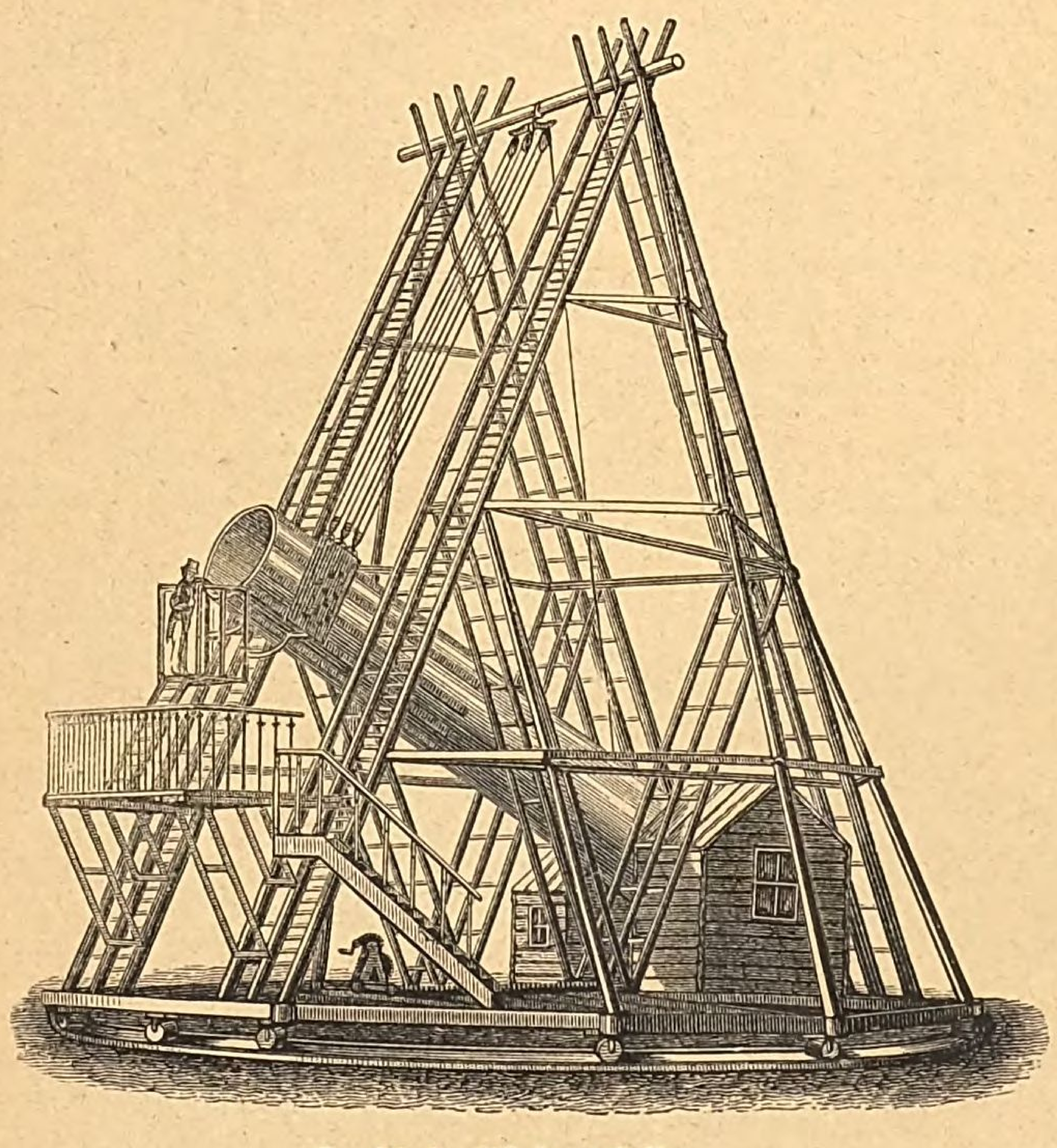
Nach einem Stiche von A. und Th. Weger.

Friedrich Wilhelm Herschel, 1738 in Hannover als Sohn eines Militärmusikers geboren, folgte dem Berufe seines Vaters und wurde Musikdirektor in Bath, benutzte aber seine Mußestunden zum Studium der Mathematik und Astronomie und schritt, da ihm die Mittel zum Ankauf eines größeren Fernrohres fehlten, selbst zum Baue eines solchen, dem im Laufe der weiteren Jahre noch mehrere, darunter das S. 52 abgebildete Riesenteleskop, folgten. Nachdem er 1781 den Planeten Uranus entdeckt hatte, gewährte ihm König Georg III. ein Jahresgehalt, das ihm gestattete, sich gänzlich der planmäßigen Durchforschung des Himmels zu widmen und die Wissenschaft mit vielen neuen Entdeckungen zu bereichern. Er starb 1822. Sein Sohn John Frederik William Herschel (1792—1871) widmete sich besonders der Beobachtung der Doppelsterne, Nebelflecke und Sternhaufen und durchforschte 1834—1838 den südlichen Sternenhimmel. Er wurde 1838 zum Baronet erhoben und 1842 zum Lord-Rektor der Universität Aberdeen gewählt.

*) Crownglas, s. v. w. Kronglas, nannte man in England früher das in Gestalt kreis-

Brechungsvermögen, wogegen das Dispersions- oder Farbenzerstreuungsvermögen des Flintglases dasjenige des Crownglases fast um das Doppelte übertrifft. Verbindet man nun eine Konvexlinse*) aus Crownglas mit einer Konkavlinse aus Flintglas von etwa halb so starker Krümmung wie jene, so zeigen die beiden Linsen nahezu die gleiche, aber entgegengesetzt wirkende Farbenzerstreuung und die Lichtstrahlen vereinigen sich, weil sie durch die Crownglaslinse stärker als durch die Flintglaslinse gebrochen werden, in einem Brennpunkte, dessen Abstand vom Objektiv ungefähr gleich der doppelten Brennweite der Crownglaslinse ist.

Die Erfindung des Vergrößerungsglases beschränkte sich natürlich in ihrer weiteren Entwickelung nicht auf die Herstellung von Instrumenten, die das Große, Weite in die Nähe des Beobachters heranzogen, sondern sie ermöglichte es auch, das Kleine, Nahe in solchem Maße zu vergrößern, daß das Auge es in seinen Einzelheiten erkennen konnte. Das Mikroskop soll bereits von den Brillenschleifern Hans und Zacharias Janssen in Middelburg im letzten Jahrzehnt des 16. Jahrhunderts erfunden worden sein; da aber noch 1618 in einem die optischen Fortschritte jener Zeit behandelnden Werke wohl vom Teleskop, nicht aber vom Mikroskop die Rede ist, so wird die Janssensche Erfindung, falls ihr überhaupt eine Thatsache zu Grunde liegt, wohl noch nicht zur Herstellung eines brauchbaren Instrumentes hingereicht haben, und das Mikroskop wird wohl erst in einem für die Wissenschaft zweckdienlichen Zustande hergestellt worden sein, nachdem bereits das Teleskop auf den Sternwarten eingeführt war. Dieses letztere — der Name bedeutet s. v. w. Fernseher, wogegen Mikroskop s. v. w. Kleinseher heißt — ist zu einer Zeit erfunden worden, da man die Beseitigung der Farbenzerstreuung bei den Fernrohren noch für unmöglich hielt, und beruhte auf der Wahrnehmung, daß die mittels Hohlspiegeln hervorgerufenen Bilder keine Farbenzerstreuung zeigen. An Stelle des Objektives wird beim Teleskop ein Hohlspiegel verwendet; der erste Erfinder, Gregory, schlug 1663 vor, diesen Spiegel in der Mitte zu durchbohren und in entsprechender Entfernung von dem großen Hohlspiegel einen kleineren anzubringen, der das von ersterem aufgenommene Bild

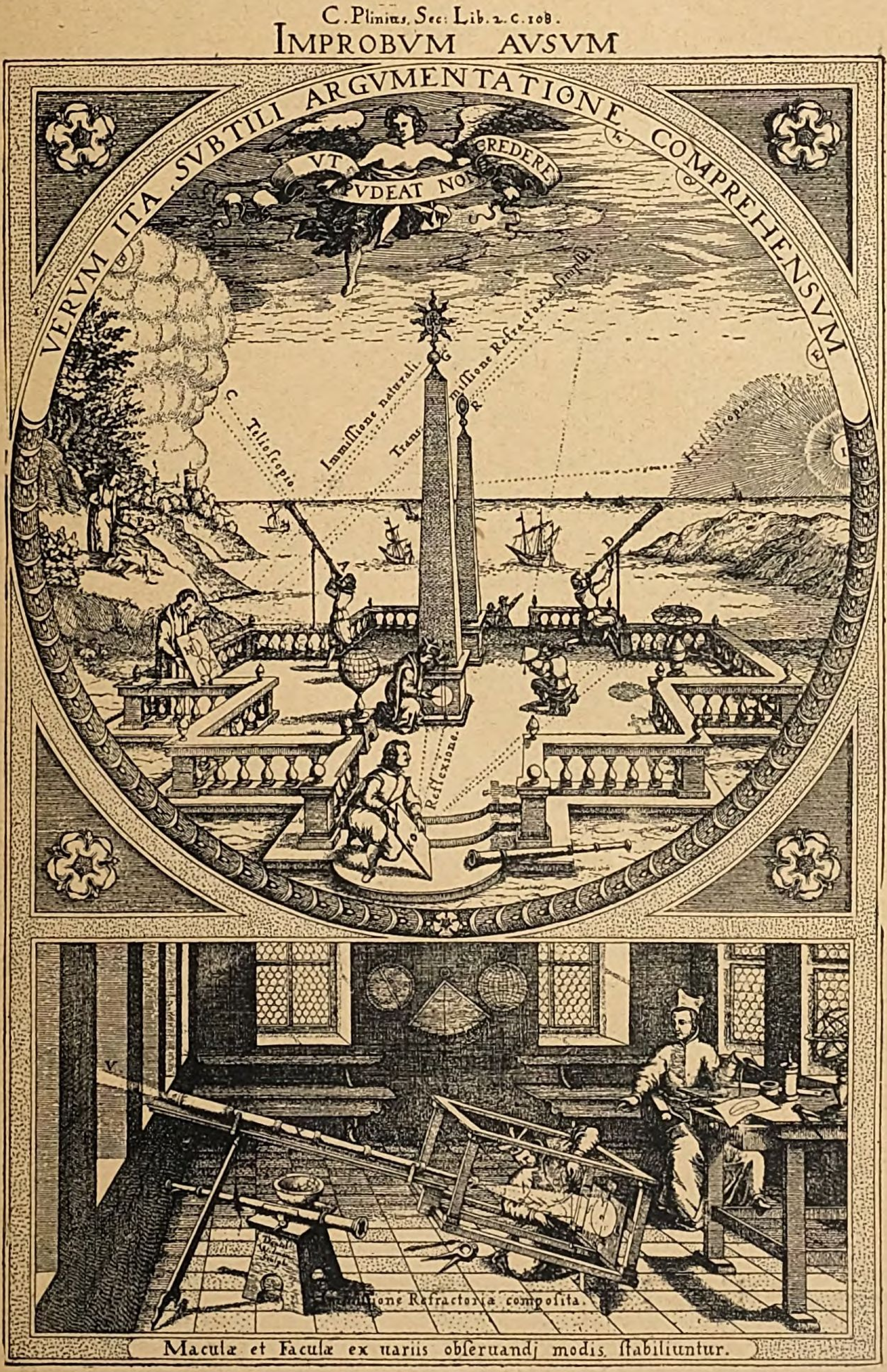


Herschels Riesenteleskop.

runder Scheiben hergestellte gewöhnliche Fensterglas. Jetzt versteht man unter dieser Bezeichnung ein feines, bleifreies Glas, während Flintglas viel Bleioxyd enthält.

*) „Konvex" oder erhaben heißt eine krumme Oberfläche von kuppelförmig gewölbter Gestalt, während man die Innenfläche einer solchen kuppelförmigen, hohl gedachten Wölbung konkav, d. h. ausgehöhlt nennt. Die Oberfläche einer konkav geschliffenen Linse hat somit Aehnlichkeit mit der inneren Seite eines Uhrglases, während dessen Außenseite der Oberfläche einer Konvexlinse gleicht.

aufnimmt und vergrößert durch die Oeffnung des großen Hohlspiegels auf das hinter diesem angebrachte Okular wirft, durch welches es noch weiter vergrößert wird. Dieses



Astronomische Instrumente des 17. Jahrhunderts.

Gregorysche Spiegelteleskop wurde später wirklich ausgeführt, hatte aber den großen Nachteil, daß der das Bild des Gegenstandes unmittelbar aufnehmende Hohlspiegel gerade an seiner besten Stelle durchbrochen und dadurch unwirksam gemacht wurde. Diesem Uebel-

stand suchte **Newton** 1868 abzuhelfen, indem er am hinteren Ende eines vorn offenen Rohres einen metallenen Hohlspiegel anbrachte, das von diesem zurückgeworfene Bild des zu beobachtenden Gegenstandes mittels eines im Rohre angebrachten und gegen die Rohrachse unter einem Winkel von 45 Grad schräg gestellten Spiegel auffing, der nun das Bild auf das seitlich am Rohre angebrachte Okular warf, wo es vom Beobachter vergrößert gesehen wurde. Dieses Newtonsche sogen. **katoptrische** Fernrohr wurde von **Wilhelm Herschel** in Bath bei Bristol unter Mitwirkung seines Bruders Alexander weiter vervollkommnet und es gelang ihm zunächst, im Jahre 1774 ein solches Instrument von sieben Fuß Länge herzustellen, dem 1783 ein zwanzigfüßiges und 1789 ein solches von 39 engl. Fuß Länge mit einem Spiegel von vier Fuß Durchmesser folgte, wie es in der Abbildung S. 52 dargestellt ist. Der Beobachter hatte bei diesen Teleskopen seinen Standpunkt vorn am Rohr, was den Vorteil bot, daß die Anbringung eines zweiten kleinen Spiegels überflüssig wurde, so daß der Beobachter ein lichtstarkes Bild zu sehen bekam. Dadurch, daß man dem Hohlspiegel am hinteren Ende des Rohres eine etwas gegen die Achse des Rohres geneigte Stellung gab, verhinderte man die Beschattung des Bildes durch den Kopf des Beobachters, denn dieser beschaute dasselbe durch ein am unteren Rande des vorderen Rohrendes angebrachtes Okular, vor welchem sich die von dem schräggestellten Spiegel zurückgeworfenen Lichtstrahlen in ihrem Brennpunkte vereinigten. Ein großer Nachteil des Herschelschen Riesenteleskopes lag dagegen darin, daß der Beobachter in dem am vorderen Rohrende angebrachten Kasten hoch in freier Luft schweben und den Bewegungen des Teleskopes folgen mußte; auch waren die großen Spiegel den verderblichen Einflüssen der Luft und der Temperaturveränderungen ausgesetzt und mußten sehr häufig neu aufpoliert werden. Endlich standen auch die mittels der Spiegelfernrohre erzielten Bilder in Bezug auf die Lichtstärke weit hinter denjenigen zurück, die mittels der Linsenfernrohre gewonnen wurden. Der Gebrauch der Spiegelfernrohre, die man auch, weil sie ein zurückgeworfenes Bild liefern, **Reflektoren** nennt, während die Linsenfernrohre, deren Einrichtung auf der Brechung (Refraktion) der Lichtstrahlen beruht, **Refraktoren** genannt werden, ist deshalb mehr auf England beschränkt geblieben, wogegen die Refraktoren zu weitester Verbreitung und ausgedehntester Verwendung gelangt sind. Von der Einrichtung einer Sternwarte im 17. Jahrhundert und deren wichtigsten Hilfsmitteln giebt die Abbildung auf S. 53 aus einem 1626—1630 erschienenen Werke des Jesuiten Christoph **Scheiner** eine anschauliche Darstellung. Scheiner hat eingehende Arbeiten über die Sonnenflecken und Sonnenfackeln, die Umdrehungszeit der Sonne und die Lage des Aequators derselben geliefert; auch rührt von ihm die erste Karte der Mondberge und die Erfindung des zum Uebertragen von Zeichnungen in verjüngtem Maßstabe verwendeten Pantographen oder Storchschnabels her. Als Begründer der neueren Astronomie wird mit



Isaak Newton.
Nach einem Stiche von C. Barth.

Recht Isaak Newton (1643—1727) bezeichnet, der schon im Alter von 26 Jahren als Professor der Mathematik in Cambridge angestellt und mit 28 Jahren Mitglied der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften wurde. Schon im Alter von 22 Jahren (1665) soll Newton — wie man erzählt durch den Anblick eines vom Baume fallenden Apfels — auf den Gedanken gekommen sein, daß eine Kraft bestehe, die jeden fallenden Körper gegen den Mittelpunkt der Erde hintreibe. Indem er diesen Gedanken auf den Kosmos ausdehnte, gelangte er zu seiner Theorie, der Schwerkraft oder Gravitation und suchte dieselbe durch die Beobachtung dieser Bewegung der Himmelskörper zu bekräftigen. Auf Grund dieser Theorie ließ sich die krummlinige Bewegung, welche die Planeten um ihre Sonne, die Trabanten um ihren Planeten in geschlossener Umlaufbahn vollziehen, dahin erklären, daß denselben

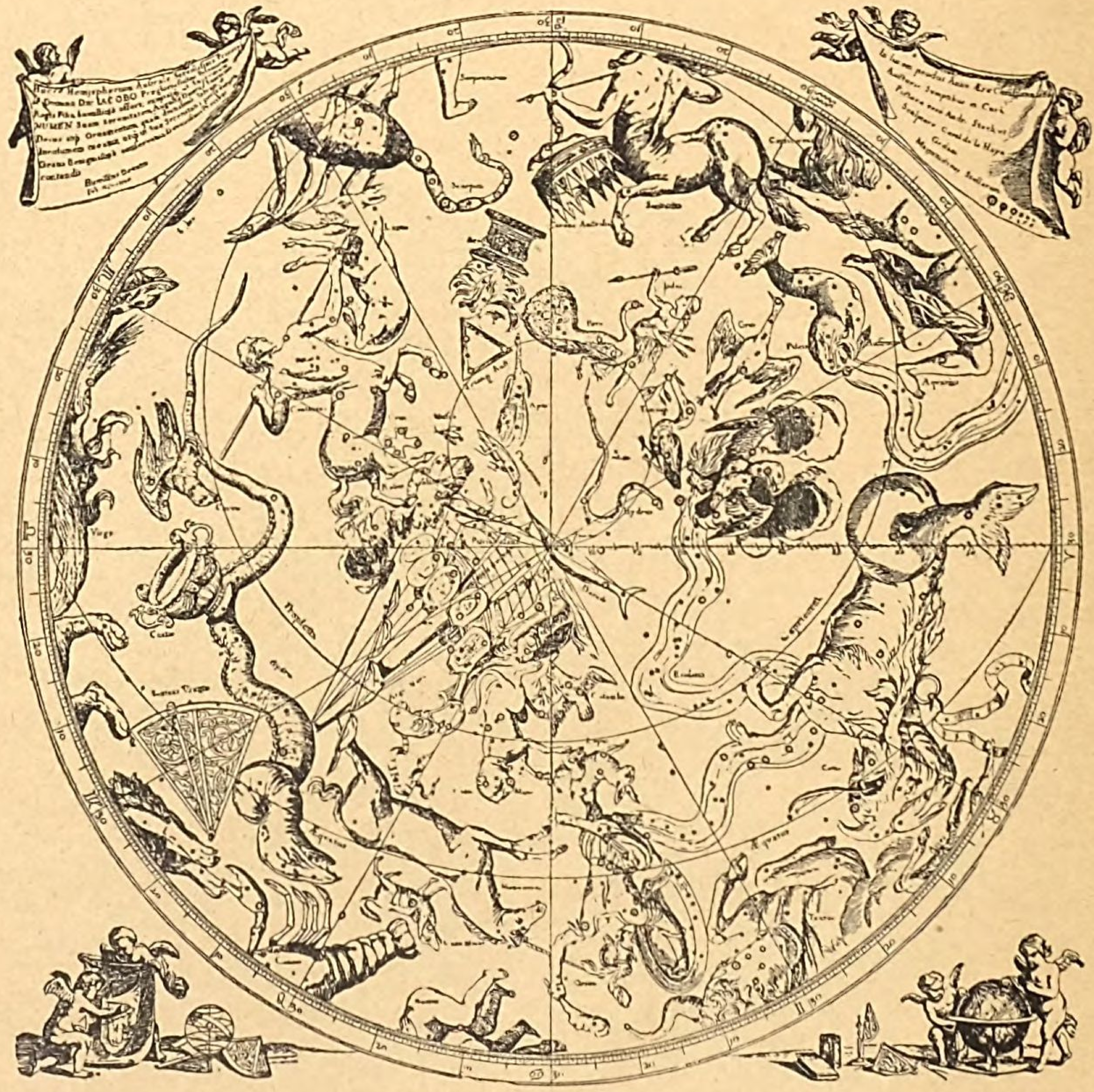


Nördlicher Sternenhimmel.

Aus Hevelius „Firmamentum Sobiesciati“ (1690).

ursprünglich durch einen Anstoß eine Bewegung mitgeteilt worden war, die sich in gerader Linie fortgesetzt haben würde, wenn nicht gleichzeitig eine andere Kraft störend und ablenkend auf diese Bewegung eingewirkt hätte, deren Sitz an der inneren Seite der Kreisbahn gesucht werden muß, und zwar in demjenigen Weltkörper, um welchen jene sich bewegen. Newton wollte zunächst seine Gravitationstheorie auf die Bewegung des Mondes anwenden; da aber dieser Versuch mißlang, weil die Rechnung an der damals noch herrschenden Unkenntnis der genauen Maße des Erdkörpers scheiterte, so hielt Newton seine Entdeckung geheim und nahm die darauf bezüglichen Arbeiten erst wieder auf, nachdem durch eine im Auftrage der Pariser Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1669 und 1670 vom Geometer Picard vorgenommene Gradmessung genauere Ziffern für die

Bestimmung der Maße unseres Planeten gewonnen waren. Auf dieser neuen Grundlage weiter arbeitend, gelangte Newton zu befriedigenden Ergebnissen, die er 1683 der britischen wissenschaftlichen Gesellschaft (Royal Society) mitteilte und in seinem unter dem Titel „Philosophiae naturalis principia mathematica“ 1687 erschienenen Hauptwerke veröffentlichte. Newtons Entdeckung fand zwar erst nach längerer Zeit allgemeine Anerkennung, ward aber nichtsdestoweniger zum Grundstein der gesamten neueren Astronomie, weil die bis dahin nur auf dem Wege der Beobachtung und Berechnung erkannte Bewegung der Himmelskörper durch die Gravitationslehre ihre innere Begründung erhielt. Newton baute seine Lehre nun weiter aus und erklärte mit Hilfe derselben unter anderem die



Südlicher Sternenhimmel.
Aus Hevelius „Firmamentum Sobiesciati“ (1690).

Präcession d. i. das Vorrücken der Nachtgleichen sowie die Ebbe und Flut; auch bestimmte er auf theoretischem Wege die Abplattung des Erdkörpers an den Polen.

Weitere Fortschritte der Himmelskunde im 17. Jahrhundert verdanken wir dem Danziger Astronomen und Ratsherrn Johann Hewelcke, genannt Hevelius (1611—1687). Dieser begründete die topographische Kenntnis (Ortskenntnis) des Mondes durch seine 1647 erschienene Selenographie (Mondbeschreibung). Er gab den Mondbergen Namenbezeichnungen, die er irdischen Gebirgen entlehnte. Die größeren Flecken im Monde hielt er für Meere. Von ihm rühren auch zahlreiche gute Ortsbestimmungen von Fixsternen her, und in seinem 1690 erschienenen „Prodromus Astronomiä“ unternahm er eine Darstellung des ganzen gestirnten Himmels, die durch die in Viertelgröße des Originals hier wiedergegebenen Sternkarten des nördlichen und südlichen Himmels veranschaulicht wurde. Zwei der wichtigsten europäischen Sternwarten, diejenigen von Paris und Greenwich, entstanden

zu Ende dieses Jahrhunderts, das außer den schon genannten noch viele andere Astronomen von Bedeutung zählte, u. a. Johann Dominik Cassini (1625—1712), den ersten Direktor der Pariser Sternwarte, der u. a. die Umdrehungszeit der Venus, des Mars und des Jupiters bestimmte, das Zodiakallicht zuerst genauer beobachtete, die Gesetze der Bewegung des Mondes um seine Achse fand und wichtige Arbeiten zur genaueren Kenntnis des Jupiters und Saturns lieferte. Auch der Däne Claus Römer (1644—1710) ist zu nennen, weil wir ihm die Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes verdanken, die er 1705 aus den Verfinsterungen der Jupitermonde berechnete. Von großer Bedeutung waren die mathematischen Arbeiten von Christian Huygens (1629—1695), seine Lehre über die Wellenbewegung des Lichtes („Undulationstheorie", auch „Huygens Princip" genannt), seine Verbesserung der Fernrohre, sowie der Räderuhren durch Anwendung des Pendels. Huygens entdeckte auch den größten der Saturnmonde (1655), berechnete dessen Umlaufszeit und erkannte die Ringnatur des den genannten Planeten umgebenden Gebildes.



Christian Huygens.

Im 18. Jahrhundert berechnete der berühmte Schweizer Mathematiker Leonhard Euler (1707 bis 1783), der auch durch ein Vierteljahrhundert (1741—1766) zu Berlin als Lehrer der mathematischen Wissenschaften gewirkt hat, die planetarischen Störungen und lieferte auch andere wertvolle Beiträge zur mathematischen Astronomie. Als ein Muster gemeinverständlicher Darstellung wissenschaftlicher Gegenstände gelten seine in französischer Sprache 1768—1772 erschienenen Briefe an eine deutsche Fürstin über verschiedene Gegenstände der Naturlehre und Philosophie. Ihm und den anderen großen Mathematikern dieses Jahrhunderts, unter denen der Franzose Lagrange (1736—1812) als einer der größten Mathematiker aller Zeiten und dessen Landsmann Laplace (1749—1827), dessen (1799—1825) erschienener „Traité de Mécanique céleste" (Abhandlung über die Mechanik des Himmels) die Grundlage der modernen kosmischen Anschauung bildet, in erster Reihe zu nennen sind, verdankt die theoretische Astronomie zum größten Teile die bedeutenden Fortschritte, die sie in diesem Jahrhundert gemacht hat. Aber auch auf dem Gebiete der praktischen Himmelskunde wurde in dieser Zeit Großes geleistet, namentlich von James Bradley (1692—1762), der als einer der scharfsinnigsten und genauesten Beobachter gilt und dem wir die Entdeckung zweier für die Beobachtung des Himmels äußerst wichtigen Gesetze verdanken, nämlich desjenigen der Aberration*) (Abirrung des

*) Alle Fixsterne, die nahe bei den Polen der Ekliptik stehen, scheinen im Lauf eines Jahres einen kleinen Kreis zu beschreiben, der aber nur durch sehr feine Instrumente meßbar ist; diejenigen

Lichtes) und der Nutation*) oder des Schwankens der Erdachse. Bradley war der dritte Direktor der Greenwicher Sternwarte von 1742—1761. Schon der Begründer dieser Sternwarte, John Flamsteed (1646—1719), hatte sich durch Aufstellung des ersten großen modernen Sternkataloges, der über dreitausend Fixsterne enthielt, und durch seinen großen Himmelsatlas bedeutende Verdienste um die praktische Astronomie erworben; sein Nachfolger Edmund Halley (1656—1742), der von 1720 bis zu seinem Tode der königlichen Sternwarte zu Greenwich vorstand, wurde, nachdem er im Alter von 19 Jahren bereits eine theoretische Abhandlung über die Planeten veröffentlicht hatte, 1676 von der Regierung nach St. Helena geschickt, um die Sternörter des südlichen Himmels zu bestimmen, entdeckte 1682 den nach ihm benannten großen Kometen, auf den wir später zurückkommen werden und bearbeitete die Theorie der Mondbewegung in so vollkommener Weise, daß danach die Bestimmung der geographischen Länge eines Ortes zur See vorgenommen werden konnte. Auch rührt von ihm die Methode her, wonach die Entfernung der Sonne von der Erde bei Gelegenheit des Vorüberganges der Venus vor der Sonnenscheibe berechnet werden kann. Bradleys erfolgreiche Bemühungen um die Vervollkommnung des Beobachtungsapparates der unter seiner Leitung stehenden Sternwarte legten den Grund zu der hohen Bedeutung, die dieses Institut für die Wissenschaft und Schiffahrtskunde gewonnen hat. Der Franzose Nic. Louis Lacaille (1713—1762) verfaßte einen Katalog für den südlichen Sternenhimmel, der zehntausend Fixsterne enthielt, von denen Lacaille 9800 genauer bestimmte. Der Mannheimer Astronom Christian Mayer (1714—1783) war der erste Beobachter der Doppelsterne, von denen er 1776 einen im Sternbild des Skorpion, und 1778 einen weiteren in der Andromeda entdeckte. Im „Berliner Jahrbuch“ für 1784 findet sich ein erstes Verzeichnis von 80 Doppelsternen, deren Auffindung größtenteils seinen Beobachtungen zuzuschreiben ist; Wilhelm Herschel hatte bis zum Jahre 1804 846 Doppelsterne beobachtet und gemessen und im Laufe des 19. Jahrhunderts wuchs die Zahl derselben noch viel größer an. Wie bereits (S. 51) erwähnt, entdeckte W. Herschel 1781 den Uranus und bald darnach zwei Monde desselben, 1798 zwei bis dahin noch unbekannte Monde des Saturns; mit seinem Spiegelteleskop schloß er die Welt der Nebelflecke und Sternhaufen auf, und seine Beobachtungen führten ihn zur Erkenntnis, daß die Sonne und in ihr unser ganzes Sonnensystem in fortschreitender Bewegung begriffen sei. Immer mehr vertiefte sich die Wissenschaft in die Erforschung der einzelnen Himmelserscheinungen, versuchte die Helligkeit der Himmelskörper zu messen, das Wesen der Sternschnuppen zu erkennen, Größe und Gestalt der Erde genauer zu bestimmen und im Dienste der Nautik (Schiffahrtskunde), die damals den Weltverkehr anzubahnen begann, nützliche und übersichtliche Tabellen und sonstige Aufzeichnungen zu liefern. Die bereits von Newton theoretisch begründete Abplattung der Erde an ihren Polen wurde durch Gradmessungen im hohen Norden (Lappland) sicher nachgewiesen und nicht nur Größe und Gestalt der Erde genauer bestimmt, sondern auch deren Dichtigkeit festgestellt. Die optisch- und mechanischen Werkstätten, die im Verlaufe des 18. Jahrhunderts entstanden, lieferten den Männern der Wissenschaft immer vollkommenere Mittel zu ihren Beobachtungen. Der

aber, die in der Ebene der Ekliptik stehen, scheinen sich auf einer kurzen geraden Linie parallel zur Ekliptik hin und her zu bewegen, und bei den übrigen vollzieht sich diese scheinbare Bewegung in Ellipsen (schräge gesehenen Kreisen), die um so langgestreckter erscheinen, je mehr sich der Ort des betreffenden Sternes der Ebene der Ekliptik nähert. Diese Erscheinung hängt mit der Bewegung der Erde zusammen, die das Fernrohr mitmacht, während der vom Stern ausgehende Lichtstrahl seine geradlinige Richtung einhält.

*) Nutation s. v. w. Schwanken der Erdachse heißt diejenige periodische Veränderung der Richtung der Erdachse, die hauptsächlich von der Veränderung der Anziehungskraft des Mondes auf die abgeplattete Erdkugel herrührt. Die Periode, in der sich diese Schwankung vollzieht, umfaßt 18 Jahre, und der Pol der Erdachse beschreibt in dieser Zeit am Himmel eine kleine elliptische Bahn. Wie durch die Aberration, wird auch durch die Nutation eine scheinbare Bewegung der Fixsterne hervorgerufen, weil sich infolge derselben der Standpunkt des Beobachters dem beobachteten Sterne gegenüber verändert.

Königsberger Philosoph Immanuel Kant (1724—1804) stellte jene großartige Theorie auf, die in der Hauptsache auch jetzt noch eine der Grundlagen der Ansichten über das Wesen und die Entwickelung des Kosmos bilden. Nach derselben wäre der ganze Raum, den unser Sonnensystem jetzt einnimmt, ursprünglich von der in ihre Grundstoffe aufgelösten Materie ausgefüllt gewesen, aus denen die Himmelskörper, die jetzt diesem System angehören, zusammengesetzt sind. Die dichteren Elemente hätten nach dem Gesetz der Schwere die weniger dichten angezogen, daneben hätten aber auch noch abstoßende Kräfte zwischen den dünneren Elementen gewaltet. Es hätte sich zunächst eine große kugelige Masse gebildet, die sich um ihre Achse bewegte und infolgedessen in der Richtung dieser Achse sich abplattete. Allmählich habe sich als Kern dieser Masse ein großer Centralkörper gebildet: das war die Sonne, die von den übrigen, in ihre Verdichtung nicht mit einbezogenen Teilchen umkreist wurde. Infolge der Verschiedenheit der Materie hätten sich dann noch eine Reihe anderer, selbständiger Verdichtungscentren gebildet, die außer ihrer Bewegung um den Hauptkörper auch noch eine solche um ihre eigene Achse annahmen. So seien die Planeten, und in ähnlicher Weise aus diesen die Monde entstanden. Laplace stellte unabhängig von Kant eine andere Theorie auf. Er nahm von vornherein einen feurigen Centralkörper an, der von einer glühenden, weit ausgedehnten Atmosphäre umgeben war. Diese letztere befand sich nach seiner Annahme in langsamer Umdrehung um ihre Achse und strahlte ihre Wärme allmählich in den Weltraum aus, wodurch die Masse sich zusammenzog und ihre Umdrehungsgeschwindigkeit zunahm. Hierbei mußte ein Zustand eintreten, in welchem die Anziehungskraft im Mittelpunkt des Centralkörpers das gleiche Maß erreichte, wie die Centrifugalkraft an der äußersten Schicht der ganzen rotierenden*) Masse. Als dann die Centrifugalkraft bei noch weiterer Vermehrung der Umdrehungsgeschwindigkeit das Uebergewicht über die Anziehungskraft des Centrums erlangte, mußte sich die äußerste Schicht am größten Umfange des Körpers ablösen und einen selbständigen Körper bilden, der nunmehr als Ring den Centralkörper umkreiste. Je mehr dieser letztere im Laufe der Zeit durch seine Verdichtung an Umfang abnahm, an Umdrehungsgeschwindigkeit aber gewann, desto öfter mußte sich die Abtrennung von Ringen wiederholen. Diese verdichteten sich aber infolge der Abkühlung für sich und wandelten sich in rotierende Körper von sphäroider Gestalt um. War die Masse des Ringes keine gleichförmige, so zerfiel derselbe

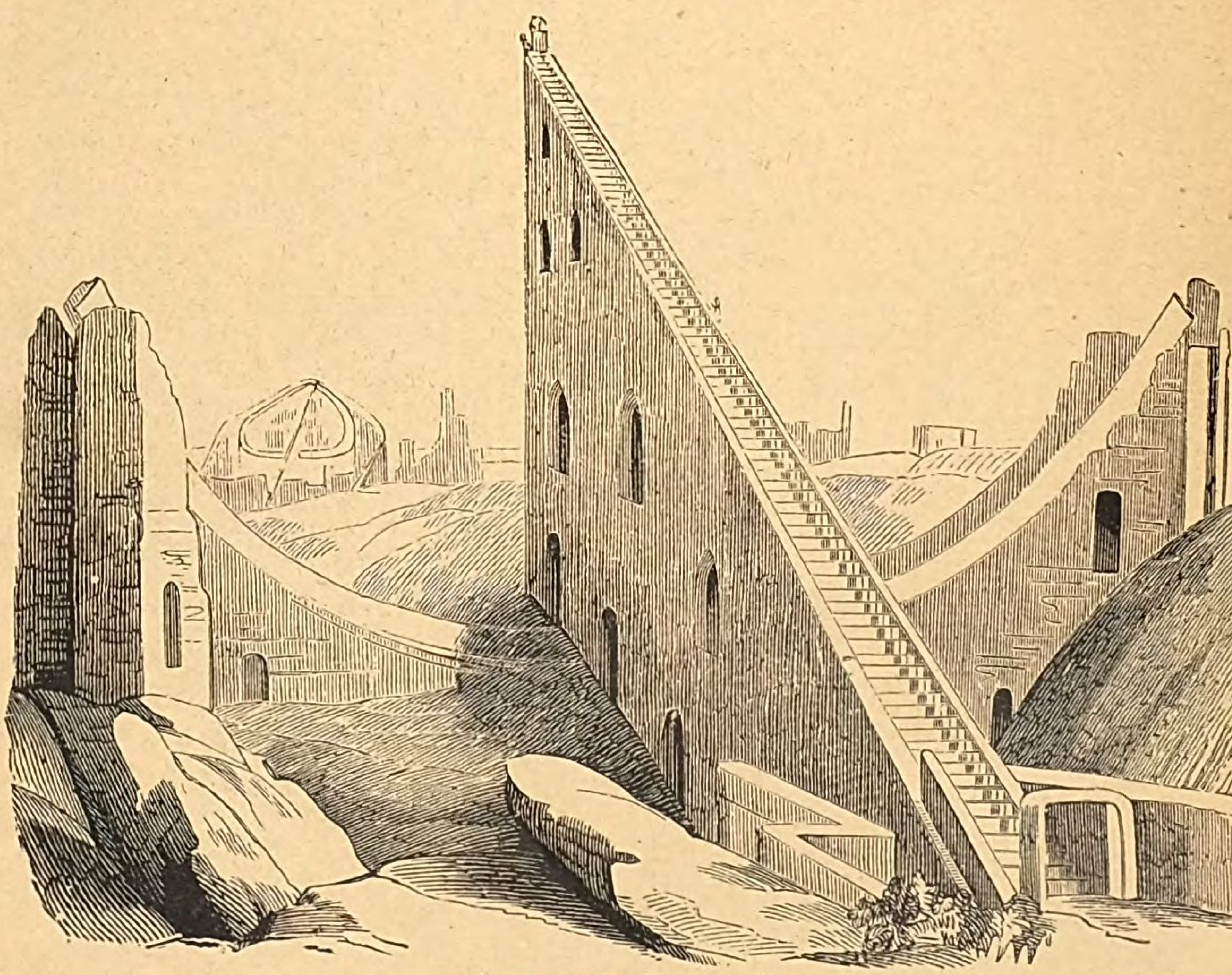


Immanuel Kant.

*) Rotation s. v. w. radförmige Umdrehung eines Körpers um seine Achse.

in mehr oder weniger zahlreiche kleinere Körper, wie dies bei den Asteroiden (auf die wir später zu sprechen kommen werden) angenommen werden kann: im anderen Falle entstand ein einziges Sphäroid. Die Entstehung der Trabanten aus den Planeten dachte sich Laplace in ähnlicher Weise. Diese beiden Theorien hat die Wissenschaft unter dem Namen der Kant-Laplaceschen Theorie vereinigt und darauf die moderne Weltanschauung begründet.

Von der astronomischen Wissenschaft des Morgenlandes, die in Hindostan und China in einigermaßen bemerkenswerter Weise weiter gepflegt wurde, hat die abendländische Wissenschaft der Neuzeit keinen Nutzen mehr ziehen können. Zu erwähnen wäre allenfalls der hindostanische Astronom Jayasinha, der zu Anfang des 18. Jahrhunderts in Delhi, Bena und an anderen Orten astronomische Instrumente aus Stein und Mauerwerk in gewaltigem Maßstabe ausführen ließ, weil er der Ansicht war, daß die Ungenauigkeit der älteren

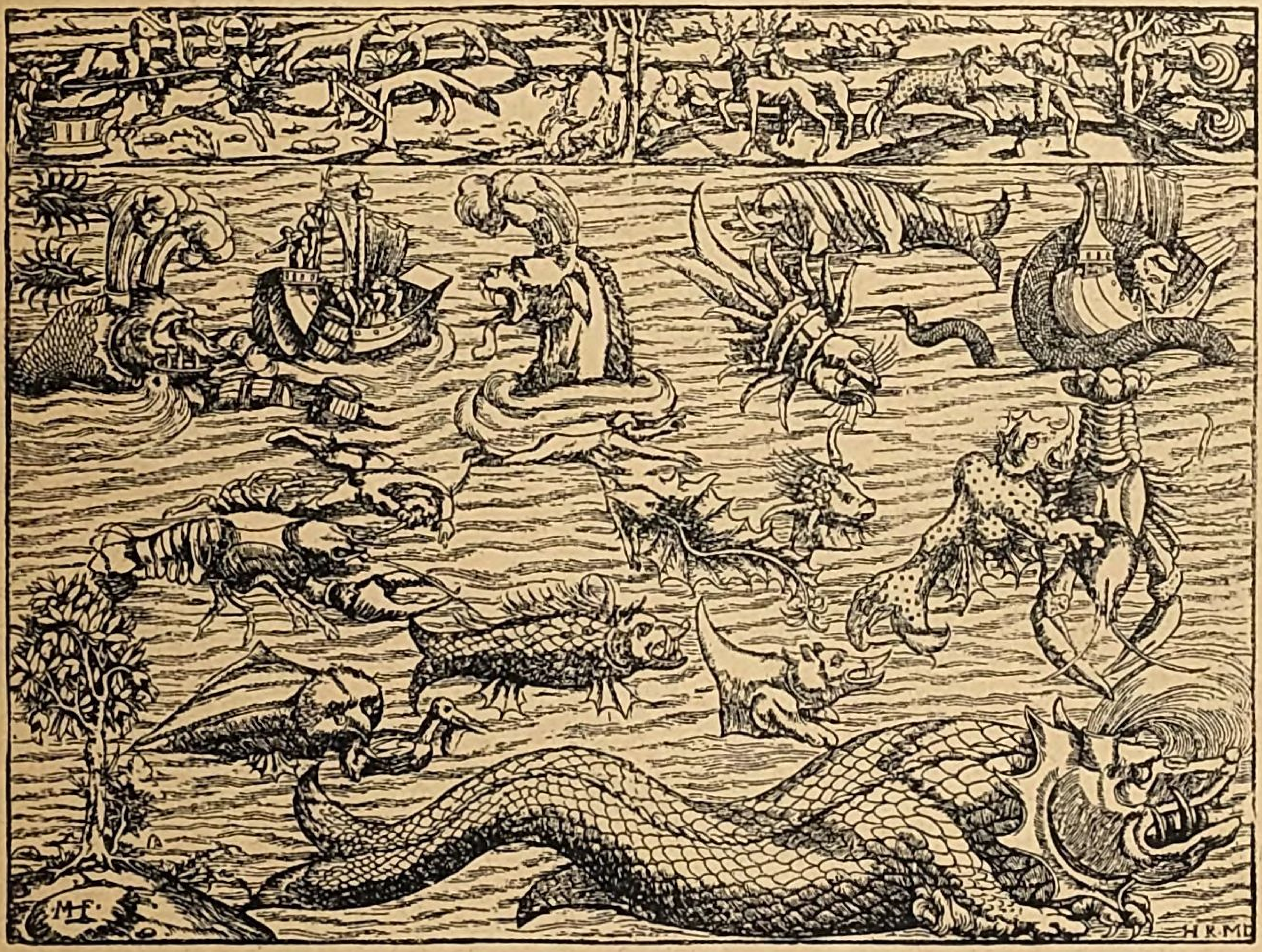


Gemauerte Sonnenuhr
des indischen Astronomen Jayasinha in Delhi.

astronomischen Bestimmungen hauptsächlich der Kleinheit und Veränderlichkeit der gewöhnlich zur Beobachtung benutzten metallenen Instrumente zuzuschreiben sei. Eine von ihm in Delhi errichtete Sonnenuhr dieser Art, die eine gegen 18 m hoch emporstrebende schiefe Ebene von 36 m Länge, gekreuzt von einem Halbkreisbogen mit mehr als 6 m Halbmesser darstellt, zeigt unsere Abbildung. Der Mauerpfeiler, dessen Kamm die schiefe Ebene bildet und der vermittelst einer über letztere emporführenden Treppe besteigbar ist, stellt den Zeiger der Sonnenuhr dar. Derselbe ist parallel zur Weltachse gestellt, während der senkrecht zu ihm gestellte Mauerbogen dem Aequator parallel liegt und eine in Marmor gegrabene Teilung enthält, an der man die Lage des Schattens ablesen kann. Immerhin sind die Angaben dieser Sonnenuhr nur etwa auf einzelne Zeitminuten ablesbar.

Was die Fortschritte der Erdkunde anbetrifft, so haben dieselben im Verlaufe der Neuzeit naturgemäß gleichen Schritt gehalten mit den Entdeckungen der Seefahrer, die dieses Zeitalter eingeleitet und im Verlaufe desselben die großartigste Ausgestaltung erfahren haben.

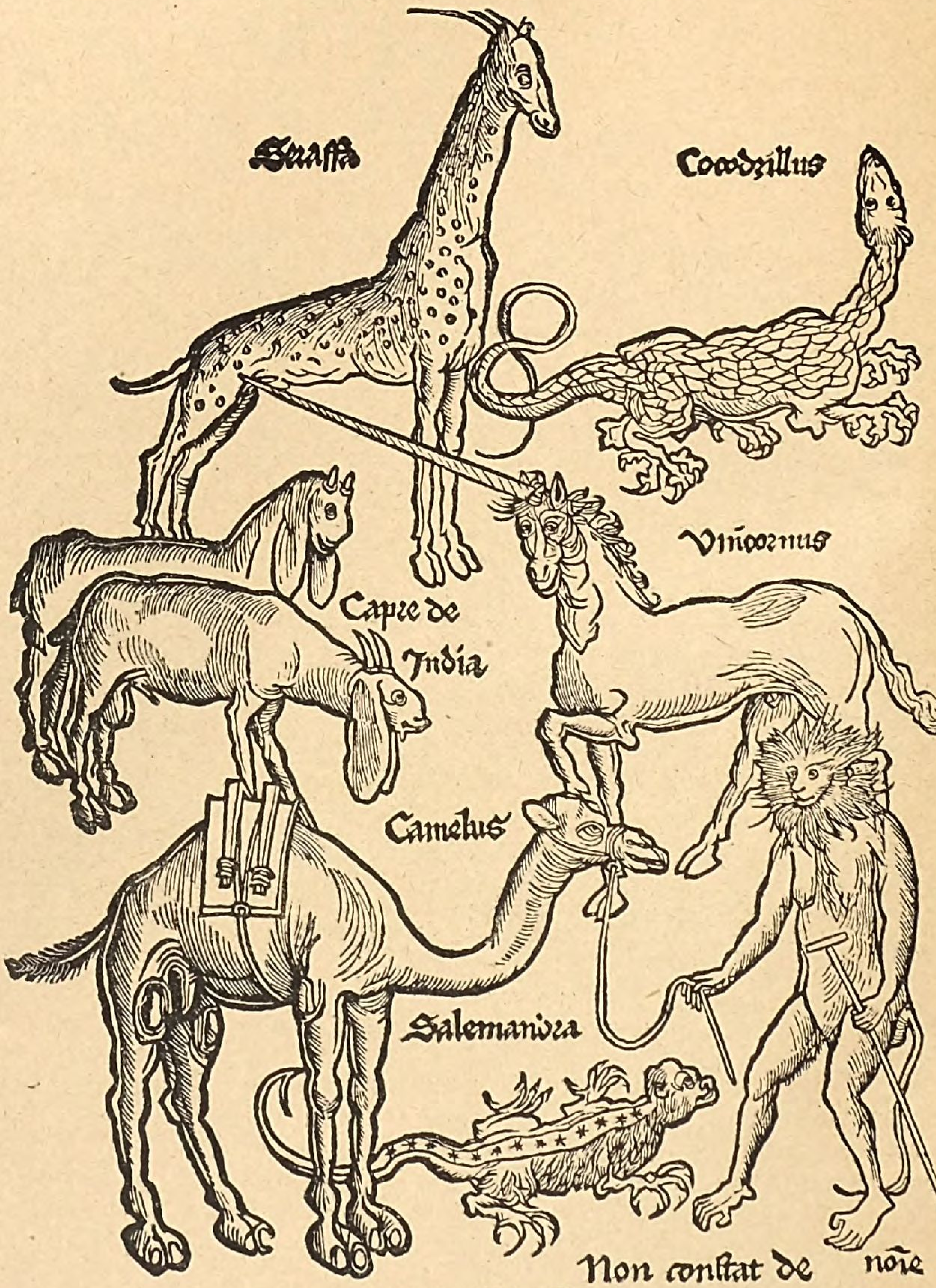
Demjenigen Teil der Erkunde, den wir als mathematische Geographie zu bezeichnen pflegen und der sich mit der Erde als Weltkörper und mit ihren Beziehungen zum Sonnensystem und zum Kosmos befaßt, kamen natürlich die Fortschritte der astronomischen Wissenschaft gleichfalls zu gute. Schon das erste Vierteljahrhundert brachte die erste Erdumsegelung (1519—1522), die, von Ferdinand Magalhaes und Sebastian del Cano ausgeführt, gewissermaßen die Besitzergreifung des Erdballes durch die Kulturmenschheit versinnbildlicht. Im Laufe des 16. Jahrhunderts vollzogen sich die von Christoph Columbus eingeleiteten amerikanischen Entdeckungen und mit dem 17. Jahrhundert begann die Erschließung der Polargewässer für die Schiffahrt. Gegen die Mitte dieses Jahrhunderts hatten die Holländer bereits den größten Teil des Küstengebietes Australiens entdeckt und im letzten Drittel desselben war durch die drei erfolgreichen Entdeckungsreisen Cooks (1769—1779)



Nordische Tiere.
Aus Seb. Münsters „Cosmographey".

das Bild des Stillen Oceans mit seinen Begrenzungen nach allen Himmelsrichtungen, auch nach dem Südpol hin, klargelegt worden. Im Inneren der neu entdeckten, sowie der schon längst bekannten, aber zum Teil für die Kultur noch gänzlich unzugänglich gebliebenen Erdteile blieben allerdings noch ganz gewaltige Lücken des geographischen Wissens auszufüllen, und hier setzte dann erst der Forschungsdrang des 19. Jahrhunderts, unterstützt durch die großartigen Fortschritte des Verkehrswesens, in denselben ein, um weitere Aufklärung zu schaffen. Auch der physikalischen Erdkunde erblühte das Zeitalter gründlicherer Erkenntnis erst in unserem Jahrhundert, wenngleich schon 1780 zu Mannheim eine Akademie für Meteorologie entstand und bereits von Cook und seinem Reisebegleiter Johann Reinhold Forster die ersten Versuche zu wissenschaftlicher Tiefseeforschung angestellt wurden. Es ist überhaupt interessant und man möchte es fast als ein Erbteil der Hinneigung der Alten zur spekulativen Wissenschaft bezeichnen, daß die Forschung auf allen Gebieten der lebenden Natur in ihrer Entwickelung weit hinter derjenigen zurückgeblieben ist, die sich mit der Erkenntnis des mechanischen und kosmischen Naturlebens befaßt; auch die Neigung zu abenteuerlichen Uebertreibungen der Einbildungs=

kraft macht sich in ähnlicher Weise, wie dies schon im Altertum und Mittelalter der Fall war, noch in der Neuzeit, wenigstens zu Anfang derselben, geltend. Die Abbildung auf S. 61 aus Sebastian Münsters „Cosmographey", die um die Mitte des 16. Jahrhunderts in Basel erschien und 24 Auflagen erlebte, läßt uns deutlich erkennen, welch kindlich naive Vorstellung die gelehrte Welt jener Zeit von dem nordischen Tierleben



Morgenländische Tiere.
Aus „Transmarina peregrinatio" von Breydenbach.

hatte, und die obigen Abbildungen morgenländischer Tiere aus einem 1501 zu Speyer erschienenen Reisewerke des Domdekans Bernhard von Breydenbach, der in Begleitung eines Utrechter Malers nach Jerusalem gepilgert war und von dem letzteren die Zeichnungen zu seinem Werke hatte anfertigen lassen, zeigt uns, wie wenig genau man es damals mit der Naturanschauung genommen hat. Ganz abgesehen davon, daß das fabelhafte Einhorn

unter den Tierbildern dieser beiden Reisenden figuriert, läßt die abenteuerliche Ausschmückung des Salamanders mit einem Sternenbande über dem Rücken, die drachenartige Mißgestalt des Krokodils und der geschwänzte affenähnliche Unhold, der das Kamel an der Halfter hat, den niedrigen Standpunkt erkennen, den diese Reisenden mit Bezug auf die Naturanschauung eingenommen haben.

Uebrigens traten auch schon im 16. und noch mehr im 17. Jahrhundert zahlreiche Naturforscher auf, die sich mit der Einzelbeschreibung verschiedener Tierarten beschäftigten, so namentlich Pierre Belon, der viele Reisen unternahm, eine Naturgeschichte der fremdländischen Seefische schrieb und 200 verschiedene Arten Vögel anatomisch untersuchte, Nicolaus Leonicenus, der ein Werk über die Schlangen, namentlich die giftigen, schrieb, Wilhelm Rondelet, dessen zweiteiliges Werk über die Fische (1554—1555) in ihm einen der gründlichsten Kenner dieses Tiertypus erkennen läßt. Der berühmte Maler Leonardo da Vinci (1452—1519) hinterließ in Handschriften beredte Beweise einer scharfsinnigen Naturauffassung; seine Ansichten über die früheren Veränderungen der Erdoberfläche, sowie über das Wesen und die Bedeutung der versteinerten Tier- und Pflanzenreste, die er, entgegen den Ansichten vieler späteren Naturforscher, als wirkliche Ueberreste vorweltlicher Tier- und Pflanzenarten erkannte, eilen der Naturerkenntnis, wie sie im Allgemeinen in der Gelehrten- und Laienwelt seiner Zeit herrschten, um Jahrhunderte voraus. Im 17. Jahrhundert bildet sich die Zoologie allmählich zur systematischen Wissenschaft aus, nachdem in dieser Richtung Johann Sperling (1603—1658) bahnbrechend vorangeschritten war. Ihm folgten Johnstone (1603—1675), Johnray (1628—1707) u. a. Die Entdeckung des Blutkreislaufes ist William Harvey (1578—1658) zuzuschreiben; Malpighi entdeckte 1661 die Blutkörperchen, die von Anton van Leeuwenhoek (1632—1723) genauer untersucht wurden. Dieser letztere entdeckte die ungeschlechtliche Fortpflanzung niederer Tiere, und ihm sind noch zahlreiche andere hochwichtige Entdeckungen mittels des Mikroskopes zuzuschreiben, das er ausgezeichnet zu handhaben verstand, obgleich ihm jede wissenschaftliche Vorbildung abging. Die Untersuchungen physiologischer (zum organischen Leben gehörender) Vorgänge am lebenden Tiere, sogenannte Vivisektionen, wurden im 17. Jahrhundert schon zahlreich vorgenommen und Kaspar Aselli gelangte 1622 mit Hilfe eines Experimentes dieser Art zur Erkenntnis der Natur der Lymphgefäße und des Nahrungssaftes (Chylus). Um die Verdauungsvorgänge beim Menschen kennen zu lernen, ließ man in jener Zeit die Leiche eines Verbrechers zwei Stunden nach dessen Hinrichtung anatomisch untersuchen; derselbe war unmittelbar vor seiner Hinrichtung zu diesem Zwecke besonders reichlich gespeist worden. Dieser Versuch läßt schon eine Schattenseite des übermäßigen Forscherdranges erkennen, der, wenn es gilt eine wissenschaftliche Frage zu lösen, vor nichts zurückscheut und häufig auch zu einem wahren Forscherfanatismus ausartet. Einen der Grundsätze der modernen Entwickelungslehre erkannte bereits Harvey; von ihm rührt der berühmte Satz her: Omne vivum ex ovo (alles Leben kommt aus dem Ei). Die Italiener stellten eine große Zahl ausgezeichneter Anatomen, denen die Franzosen Winslow, Lieutaud und Bichat, die Engländer Cowper, Hunter und Bell, die Niederländer Boerhaave, die Deutschen Albrecht Haller, Meckel, Soemmering, Blumenbach u. a. an die Seite stellten. Bis ins erste Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts blieb die Anatomie im engen Zusammenhang mit der praktischen Medizin und der Physiologie (Wissenschaft der Lebensfunktionen). Erst dann trennten sich infolge der Anhäufung des Materials diese Wissenschaften.

Die Pflanzenkunde fing erst um die Mitte des 17. Jahrhunderts an, sich zu einer eigenen Wissenschaft zu entwickeln. Bis dahin hatte man die Pflanzen vorwiegend aus dem Gesichtspunkte ihrer Nützlichkeit für den menschlichen Haushalt und die Heilkunde betrachtet und sich darauf beschränkt, ihre Namen aufzustellen, und sie dürftig — zum Teil einfach nach Aussagen von Kräutersuchern — beschrieben; Plinius und einige arabische Schriftsteller waren die einzigen Autoritäten auf diesem Gebiete bis gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts, und auch dann noch beschränkte man sich auf die Zusammenstellung von Kräuter-

büchern und auf Versuche zur Herstellung einer Systematik (geordneten Einteilung) und einer derselben entsprechenden Nomenklatur (Namensverzeichnis). Zu Anfang des 18. Jahrhunderts wurde für die Pflanzenkunde ein großer Fortschritt gewonnen durch die vollständige Durchführung der sogen. binären (zweinamigen) Nomenklatur, die schon von Rivinus (1652—1723) und Tournefort (1656—1708) vorgeschlagen, aber nur teilweise durchgeführt worden war. Die binäre Nomenklatur legt jeder Pflanzen- (und auch jeder Tier-) Species zwei Namen bei, von denen der eine die besondere Art, der andere die Gattung, der diese zugehört, bezeichnet. Es ist das Verdienst des Schweden Karl Linné (1707—1778), durch seine Arbeit, die sich auch über das Tierreich erstreckte, die Grundlage zu einer wissenschaftlichen Gliederung der Pflanzenwelt geliefert zu haben. Das Princip, nach welchem er seine systematische Einteilung durchführte, war das sogen. Sexualsystem (hergeleitet von Sexus, Geschlecht), wonach die äußerlichen Kennzeichen der Fortpflanzungsorgane maßgebend für deren Einreihung in die verschiedenen Klassen sind. Nach diesem System fallen aber vielfach Pflanzenarten in eine Klasse zusammen, zwischen denen auch nicht das geringste natürliche Verwandtschaftsverhältnis besteht. Es wurde darum schon zu Ende des 18. Jahrhunderts von Bernhard de Jussieu (1699—1776) und seinem Neffen Lorenz de Jussieu (1748—1836) ein sogen. natürliches System aufgestellt, welches den gesamten Bau der Blüte zur Grundlage hatte. Seither sind zahlreiche andere natürliche Systeme aufgestellt worden, denen aber fast durchgehends der Bau der Blüte zur Grundlage dient; Verbesserungen und Fortschritte dieser Systeme stehen hauptsächlich im Zusammenhange mit der genaueren Erkenntnis des Wesens und der Zusammensetzung der Blüte, die durch das Mikroskop und dessen Vervollkommnung außerordentlich gefördert wurde. Das tiefere Eindringen in den Bau der Pflanzen und die Bedeutung ihrer Formverhältnisse im Ganzen wie in ihren einzelnen Teilen blieb, von einzelnen Erstlingsversuchen abgesehen, dem 19. Jahrhundert vorbehalten.



Linné.
Nach einem Gemälde unbekannten Ursprungs, das den Forscher auf seiner lappländischen Tour darstellt, gestochen von Andorf.

Die Fortschritte der Neuzeit auf dem Gebiete der Physik haben wir, soweit sie in dem Rahmen dieses Buches Platz finden können, teilweise schon mit denjenigen der Astronomie zusammengefaßt. Weiter zu erwähnen wären die Entdeckungen Newtons betreffend die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen des Lichtes, die er als Bestandteile des weißen Lichtes erkannte, sowie verschiedener anderer eigentümlichen Eigenschaften des Lichtes, die zu wichtigen Bausteinen in der modernen Lehre vom Lichte geworden sind. Die Lehre von der Elektricität und vom Magnetismus trat um die Mitte des 18. Jahrhunderts in eine Periode raschen Fortschrittes; von großem Einfluß auf ihre weitere Entwickelung waren die Entdeckungen Galvanis (1737—1798) und Voltas (1745—1827). Ersterer hatte schon auf dem Gebiete der Anatomie, die er an der Universität zu Bologna

lehrte, durch seine Untersuchungen von Organen der Vögel in der wissenschaftlichen Welt Aufsehen erregt, berühmter aber wurde sein Name noch durch die Entdeckung des Galvanismus, d. h. des Wesens und der Gesetze derjenigen Erscheinungen, die mit elektrischen Vorgängen bei der Berührung chemisch ungleichartiger Leiter zusammenhängen. Mittels kupferner Haken an einem eisernen Gartengitter aufgehängte, frischenthäutete Froschschenkel gaben den ersten Anstoß zu dieser Entdeckung Galvanis, die Froschschenkel begannen zu zucken, so oft sie durch den Wind gegen das eiserne Geländer gestoßen wurden. Die eigentliche Erklärung dieser Erscheinung ist indes nicht Galvani zuzuschreiben; nach seiner Ansicht handelte es sich hierbei nur um Entladungen der Elektricität aus den Nerven und Muskeln des tierischen Körpers, die durch die Metallverbindung bewirkt wurden. Volta dagegen erkannte, als er Galvanis Versuche wiederholte, daß nicht die metallenen Leiter als solche, sondern vielmehr die Verschiedenartigkeit der Metalle, aus denen sie hergestellt waren, die Ursache jener elektrischen Erscheinung waren. Nach dieser Richtung baute Volta die Entdeckung Galvanis weiter aus und schuf in der nach ihm benannten Voltaschen Säule die Grundform unserer heutigen galvanischen Batterien. Die magnetischen Eigenschaften eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahtes entdeckte Hans Christian Oersted (1787—1851) im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts, dem somit die Entdeckung des Elektromagnetismus angehört.

Die Chemie entwickelte sich in der Neuzeit zu einem selbständigen Zweige der Naturwissenschaft, indem sie zuerst vornehmlich von Aerzten in die Hand genommen wurde, die mit ihrer Hilfe — unter fortdauernder Anlehnung an alchymistische Vorstellungen — die Natur der Vorgänge im gesunden und kranken Organismus zu ergründen und die Behebung von Krankheiten durch Wiederherstellung der chemischen Mischungsverhältnisse, wie sie der gesunde Zustand erfordert und in sich schließt, zu bewirken hofften. Mit Robert Boyle (1627—1691) beginnt die Chemie (seit 1661) als ausschließlichen Zweck die Förderung der Naturerkenntnis auf dem Wege des Experimentes zu verfolgen, doch waren ihre Erfolge nach dieser Richtung nur mangelhafte, und das im Verlaufe des 17. und in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts aufgerichtete Lehrgebäude brach in der zweiten Hälfte des letzteren, als man anfing, das Mengeverhältnis der bei chemischen Vorgängen sich vereinigenden Bestandteile eingehender zu studieren, wieder zusammen. Wie sehr diese Wissenschaft trotz des allmählichen Verfalles der Alchymisterei von den Anschauungen dieser schwarzen Kunst noch befangen war, geht aus dem Umstande hervor, daß bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Annahme eines hypothetischen Stoffes, des „Phlogiston“ (Brandstoffes), zur Erklärung der Verbrennungserscheinungen für notwendig gehalten wurde. Erst nachdem 1775 der Sauerstoff von Priestley entdeckt und seine Einwirkung auf die Verbrennung erkannt worden war, verschwand das Phlogiston aus der Chemie; Lavoisier gab 1775 die richtige Erklärung der Verbrennungsvorgänge, und die Wissenschaft wandte sich jetzt einer rationelleren Richtung zu, von deren Zielen namentlich die Entwickelung der chemischen Meßkunde (Stöchiometrie) hervorzuheben ist. Sie umfaßt die Gesetze der Gewichts- und Volumenverhältnisse, unter denen sich chemische Verbindungen aus ihren Bestandteilen bilden oder auf einander einwirken; daher gehört in ihr Gebiet auch die Lehre von den Atomen und Molekeln*), insoweit sie sich auf die gegenseitigen Gewichtsverhältnisse

*) Atome nannten schon die Alten die kleinsten, nicht weiter zerlegbaren Bestandteile des Stoffes; der Name kommt vom griechischen Atomos, das so viel wie unteilbar bedeutet. Die Atomlehre wurde in der neuen Zeit von verschiedenen Forschern wieder aufgenommen, erhielt aber eine wesentlich veränderte Gestalt. Auf die Chemie übertragen, bezeichnet der Ausdruck Atome die kleinsten, weder auf mechanischem noch auf chemischem Wege weiter zerlegbaren Teilchen der chemischen Elemente, die an sich unveränderlich gedacht werden, und die man sich unter den Einfluß gegenseitig wirkender Anziehungskraft gestellt denkt. Trotz ihrer Kleinheit muß man annehmen, daß die Atome Maße und Ausdehnung haben und auch ein Gewicht besitzen. Jedenfalls werden sie aber als so klein angesehen, daß ihre sinnliche Wahrnehmung unmöglich ist und daß selbst das kleinste unter dem Mikroskop noch sichtbare Teilchen eines chemischen Körpers noch Millionen von Atomen in sich schließt. Eine chemische Verbindung von Atomen verschiedener Elemente zu kleinsten Teilen eines

5

bezieht. Die von Dalton 1804 gemachte Entdeckung, daß die Gewichtsverhältnisse, nach denen sich die chemischen Elemente mit einander verbinden, sich nach ganz bestimmten Proportionen regeln, wurde zur Grundlage der sogenannten Daltontheorie, ohne die eine wissenschaftliche Chemie heutzutage undenkbar ist, und die auch unumgänglich notwendig ist zum Verständnis vieler physikalischer Thatsachen.

---

5. Kapitel.

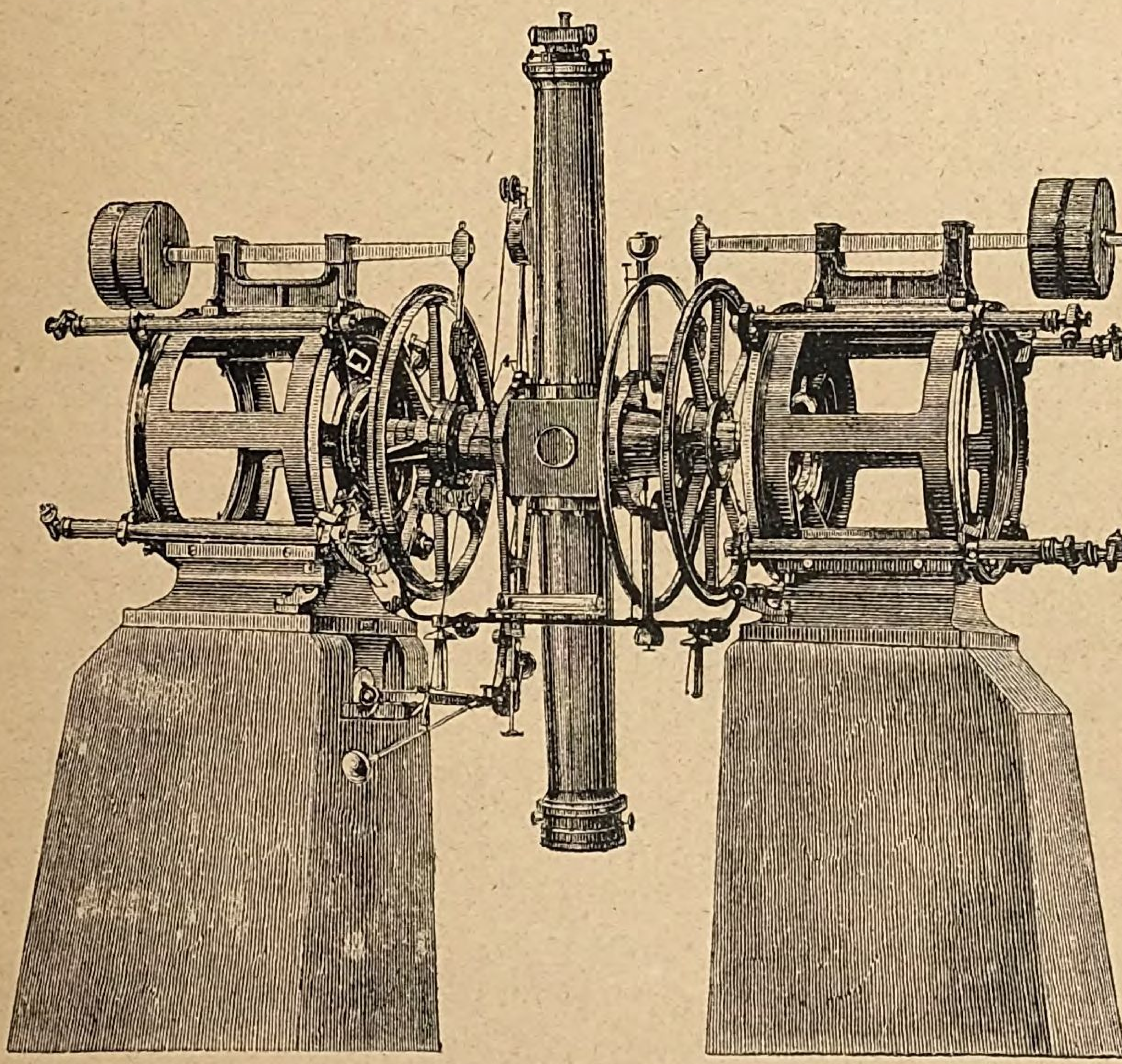
Der heutige Stand der wissenschaftlichen Naturerkenntnis.

Die Bezeichnung des 19. Jahrhunderts als des Zeitalters des Dampfes und der Elektricität ist nicht bloß ein wohltönendes geflügeltes Wort. Dampfkraft und Elektricität sind thatsächlich die maßgebenden Faktoren aller großen Fortschritte, die im Laufe dieses Jahrhunderts erzielt worden sind; sie sind in ihrer praktischen Verwertung als Betriebsmittel der Eisenbahnen und des Telegraphen die eigentlichen Träger des modernen Weltverkehrs, und durch ihre Vermittelung ist die Herrschaft der Kulturmenschheit über den gesamten Erdball zur Thatsache geworden. Aber auch für die Wissenschaft sind diese beiden Naturkräfte teils mittelbar, teils unmittelbar von höchster Bedeutung geworden. Durch die Einführung der Dampfmaschinen ist die Maschinentechnik zu raschester und umfassendster Vervollkommnung gedrängt worden. Hatte die Feinmechanik schon früher durch die Vervollkommnung der Uhren bedeutende Fortschritte gemacht, so mußte jetzt auch die Maschinenbaukunst mit aller Kraft nach Vervollkommnung streben, um den höheren Ansprüchen an Genauigkeit, Festigkeit und Zweckmäßigkeit zu entsprechen, die der Dampfbetrieb an die dazu erforderlichen Maschinen stellt. Die hiermit verbundene Vervollkommnung der Maschinentechnik im Allgemeinen ermöglichte aber auch die Herstellung großer und zuverlässig funktionierender Instrumente zu astronomischen Zwecken sowie zur Vornahme von Experimenten physikalischer und chemischer Natur. Sie war der Ausgangspunkt für die Vervollkommnung der Technik der Bearbeitung der Metalle im Allgemeinen und regte den Scharfsinn der Erfinder zu immer neuen Entdeckungen und Verbesserungen an. Als man dazu gelangt war, die hohe Bedeutung der Elektricität für die Wissenschaft und das praktische Leben zu erkennen und zu verwerten, hatte die Maschinentechnik infolge der Nutzbarmachung der Dampfkraft bereits einen so hohen Grad von Vollkommenheit erreicht, daß die Fortschritte auf jenem Gebiete weit rascher und intensiver sich vollziehen konnten. Zum Zwecke ihrer eigenen Vervollkommnung hat die moderne Maschinentechnik eine große Zahl von Werkzeugmaschinen geschaffen, durch die ihre Leistungsfähigkeit in ganz beträchtlichem Maße gesteigert wurde und die auch allen anderen Industrien zu gute gekommen ist. Auf diese Weise ist die fabrikmäßige Herstellung der feinsten wissenschaftlichen Instrumente und die Verallgemeinerung des Gebrauches derselben in weitestem Umfang ermöglicht worden, so daß die Arbeit des einzelnen Forschers nicht mehr abhängig ist vom Besitze großer Mittel oder von der Unterstützung der Höfe oder anderer Gönner der Wissenschaft. Die öffentlichen Institute aber konnten aufs reichste mit wissenschaftlichen Hilfsmitteln jeder Art ausgestattet und ihre Zahl beträchtlich erweitert werden. Selbst Lehranstalten zweiten und dritten Ranges konnten sich in den Besitz solcher wissenschaftlichen Hilfsmittel setzen, so daß der Unterricht in den Naturwissenschaften auf die weitesten Kreise ausgedehnt und selbst in der einfachen Volksschule bis zu einem gewissen Maße betrieben werden konnte. Rechnet man dazu die Vervollkommnung der Buchdruckerkunst und der vervielfältigenden graphischen Künste, so erfaßt man erst den riesigen Auf-

chemischen Körpers nennt man Molekel (vom lateinischen molecula), das eine Verkleinerung der Bezeichnung moles für Masse ist. Die Molekel oder Moleküle denkt man sich unter dem wechselseitigen Einflusse von Kräften stehend, die Molekularkräfte genannt werden.

schwung, den die Wissenschaft, ihre Lehre und Verbreitung in dem kurzen Zeitraum dieses Jahrhunderts genommen hat, in seinem vollen Umfange, lernt aber auch zugleich die volle Bedeutung des Einflusses erkennen, den die Fortschritte der Technik in dieser Richtung ausgeübt haben.

Es ist unmöglich, dem Leser innerhalb des engen Rahmens, der dem vorliegenden Werke gezogen ist, einen auch nur annähernd vollständigen Ueberblick über die Fortschritte der Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert zu bieten, denn die Summe dieser Fortschritte ist thatsächlich größer, als diejenige aller Errungenschaften auf dem gleichen Gebiete in den vorhergegangenen Zeitaltern. Wir müssen uns daher auf das Wesentlichste, mit der Ent-



Verbesserter Meridiankreis

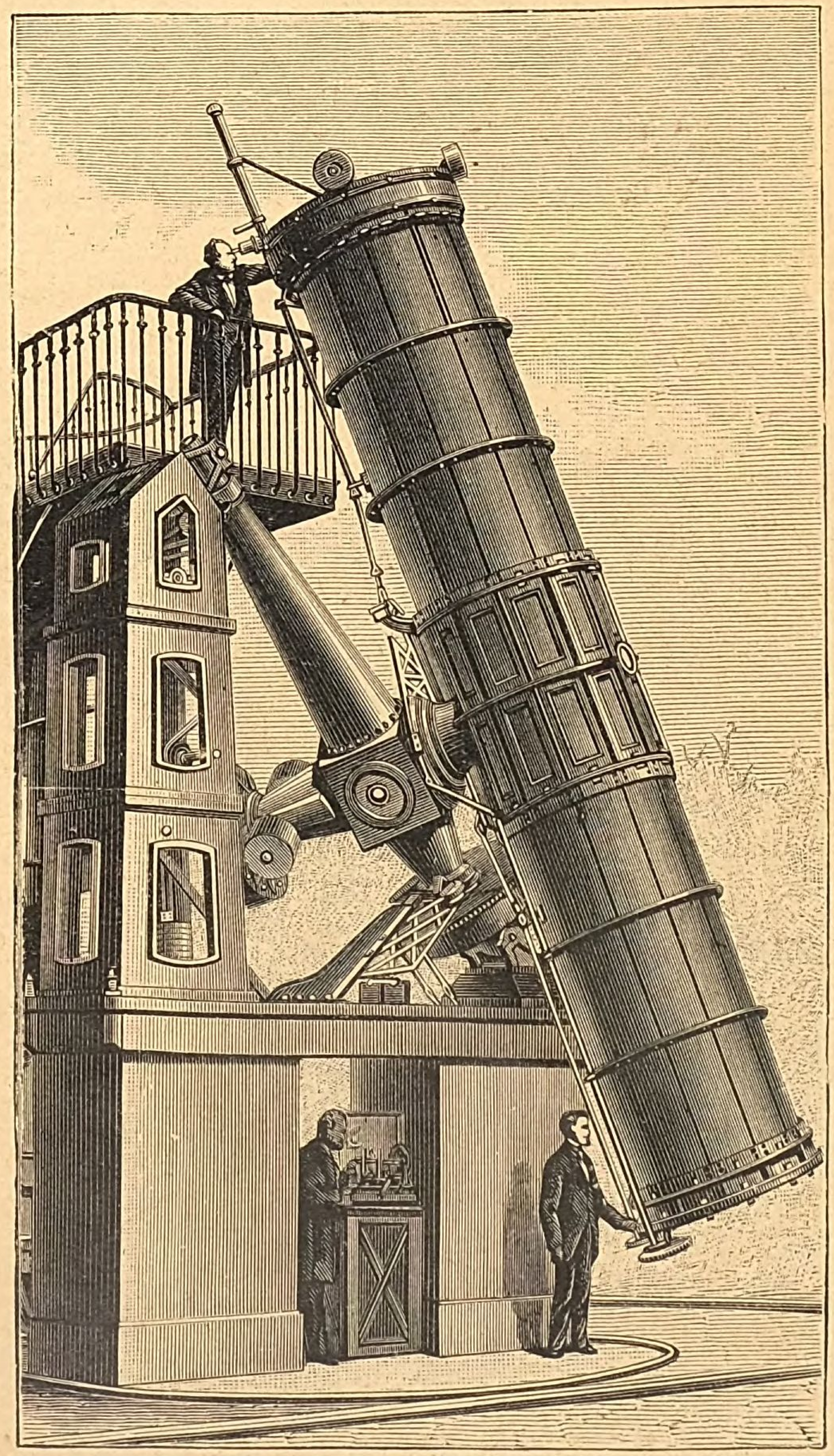
der Straßburger Sternwarte.

Während bei den älteren Meridiankreisen durch die umfangreichen Steinmassen der Seitenpfeiler verschiedene Bestrahlung des Instrumentes in seinen einzelnen Teilen verursacht wurde, so daß Temperaturunterschiede und Spannungen in den Kreisen bewirkt wurden, ruht die Achse des verbesserten Meridiankreises auf starken Eisenbügeln, und an diesen sind konzentrische (den gleichen Mittelpunkt wie die Meridiankreise umschreibende) Kreise angebracht, an denen sich Mikroskope zum Ablesen der Grade an der Kreiseinteilung befinden. Bei dieser Einrichtung stehen den Kreisen nirgends massive Steinmassen, sondern bloß schlanke Metallmassen gegenüber, die sich den Temperaturänderungen fast ebenso schnell anpassen wie die Kreise selbst.

wickelungsgeschichte der Natur und deren Erkenntnis im nächsten Zusammenhang Stehende beschränken.

Die Astronomie ist auf theoretischem Gebiete durch die Fortschritte der Mathematik wesentlich gefördert worden, da diese die Möglichkeit zur weiteren Ausbildung der verschiedenen Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Bahnen der Himmelskörper und zur Beurteilung der Störungen, denen ihre Bewegungen ausgesetzt sind, boten. Besonders hervorragend sind in dieser Beziehung die Verdienste des Deutschen Karl Friedrich Gauß (1777—1855), dessen scharfem mathematischen Spekulationsgeist nicht allein Entdeckungen

wichtigster Art auf dem Gebiete der höheren Rechenkunst, sondern auch neue Methoden zur Berechnung der Bahnen der Himmelskörper und für das Verfahren bei Vermessungsarbeiten zu verdanken sind. Gauß erfand den **Heliotropen***) und den **Magnetometer****) und verfolgte mit besonderem Interesse die Theorie des Elektromagnetismus, dessen Benutzung zur Telegraphie nicht nur wissenschaftlich von ihm begründet, sondern auch 1833 (in Gemeinschaft mit dem Physiker Wilhelm Eduard **Weber**) durch einen ersten praktischen Versuch verwirklicht worden ist. Zu welch hohem Grade der Vervollkommnung die astronomische Rechenkunst bereits in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts gediehen war, beweist die Auffindung des Planeten Neptun auf dem ausschließlichen Wege der Rechnung durch **Leverrier** im Jahre 1845, der erst im nächstfolgenden Jahre die thatsächliche Auffindung dieses Planeten durch Johann Gottfried **Galle** in Berlin folgte. Großartig sind auch die Fortschritte der beobachtenden Astronomie im 19. Jahrhundert. Gleich am ersten Tage desselben — am 1. Januar 1801 — entdeckte **Piazzi** in Palermo den ersten jener kleinen Planeten, die in dichtem Gürtel zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter die Sonne umkreisen und deren Zahl seither bis an 400 angewachsen ist. G. V. **Schiaparelli**



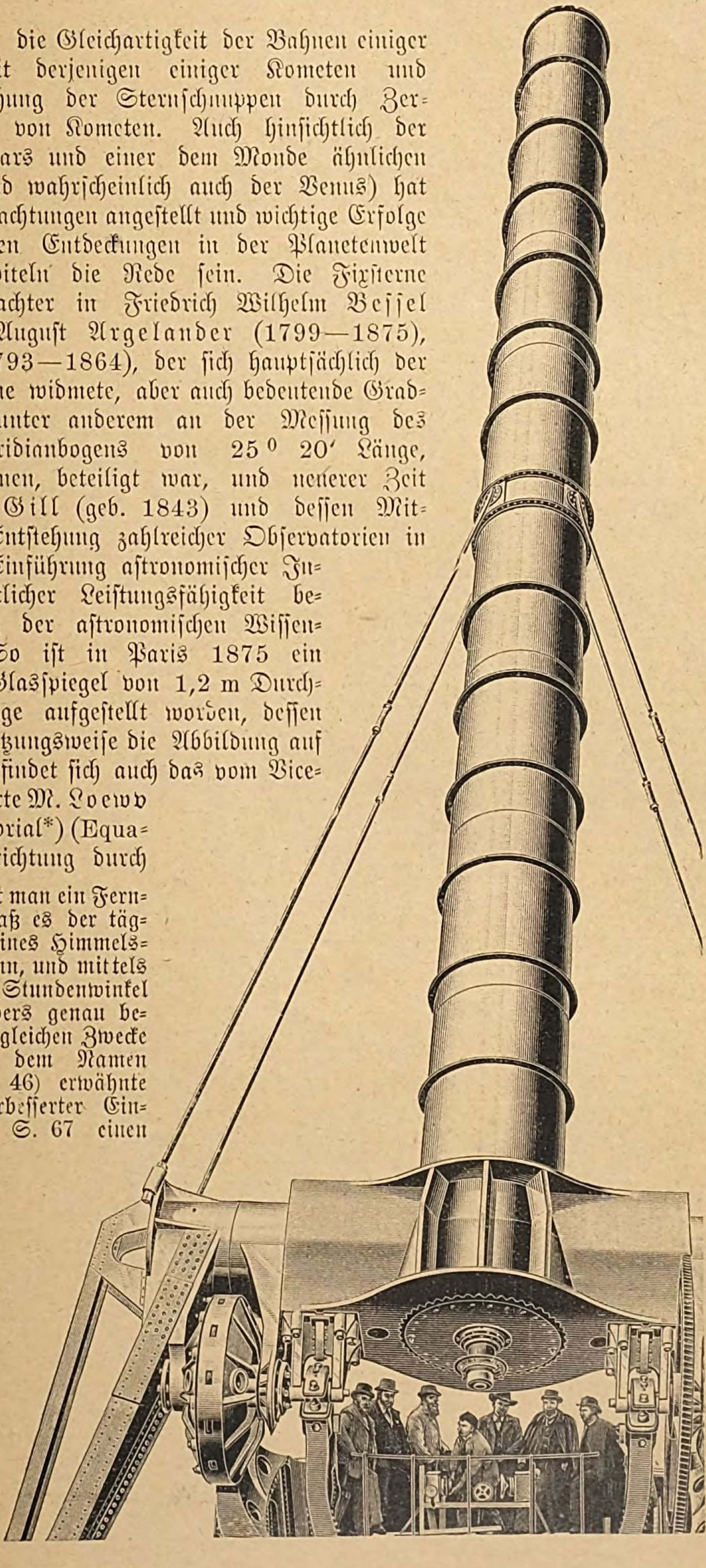
Großer Pariser Reflektor.

*) **Heliotrop** (Sonnenspiegel) ist ein Instrument, das die von ihm aufgefangenen Sonnenstrahlen nach dem weit entfernten Standpunkte eines Beobachters hin reflektiert, wo der Lichtschimmer des Spiegels mittels des Fernrohres noch auf Entfernungen von über 100 km wahrgenommen werden kann.

) Das **Magnetometer besteht aus einem frei in seinem Schwerpunkte aufgehängten Magnetstab und dient zur genaueren Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel von der Nordrichtung und zur Messung der Kraft des Erdmagnetismus

(geb. 1835) entdeckte 1866 die Gleichartigkeit der Bahnen einiger Sternschnuppenschwärme mit derjenigen einiger Kometen und folgerte daraus die Entstehung der Sternschnuppen durch Zerstückelung und Zerstreuung von Kometen. Auch hinsichtlich der Oberfläche des Planeten Mars und einer dem Monde ähnlichen Bewegung des Merkur (und wahrscheinlich auch der Venus) hat Schiaparelli eingehende Beobachtungen angestellt und wichtige Erfolge dabei erzielt. Von weiteren Entdeckungen in der Planetenwelt wird in den folgenden Kapiteln die Rede sein. Die Fixsterne fanden verdienstvolle Beobachter in Friedrich Wilhelm Bessel (1784—1846), Fr. W. August Argelander (1799—1875), Wilhelm von Struve (1793—1864), der sich hauptsächlich der Beobachtung der Doppelsterne widmete, aber auch bedeutende Gradmessungen vornahm und unter anderem an der Messung des russisch-skandinavischen Meridianbogens von 25 ⁰ 20′ Länge, des größten bisher gemessenen, beteiligt war, und neuerer Zeit in dem Engländer David Gill (geb. 1843) und dessen Mitarbeiter Dr. Elkin. Die Entstehung zahlreicher Observatorien in allen Weltteilen und die Einführung astronomischer Instrumente von außerordentlicher Leistungsfähigkeit begünstigten die Entwickelung der astronomischen Wissenschaft in hohem Maße. So ist in Paris 1875 ein Reflektor mit versilbertem Glasspiegel von 1,2 m Durchmesser und 7,3 m Rohrlänge aufgestellt worden, dessen Bau, Einrichtung und Benutzungsweise die Abbildung auf S. 68 zeigt. Eben dort befindet sich auch das vom Vicedirektor der Pariser Sternwarte M. Loewy ersonnene gebrochene Aequatorial*) (Equatorial coudé), dessen Einrichtung durch

*) Aequatorial nennt man ein Fernrohr, das so aufgestellt ist, daß es der täglichen scheinbaren Bewegung eines Himmelskörpers beständig nachfolgen kann, und mittels dessen die Deklination und der Stundenwinkel des betreffenden Himmelskörpers genau bestimmt werden können. Dem gleichen Zwecke dient übrigens das unter dem Namen „Meridiankreis" bereits (S. 46) erwähnte Instrument, von dessen verbesserter Einrichtung die Abbildung auf S. 67 einen Begriff giebt.

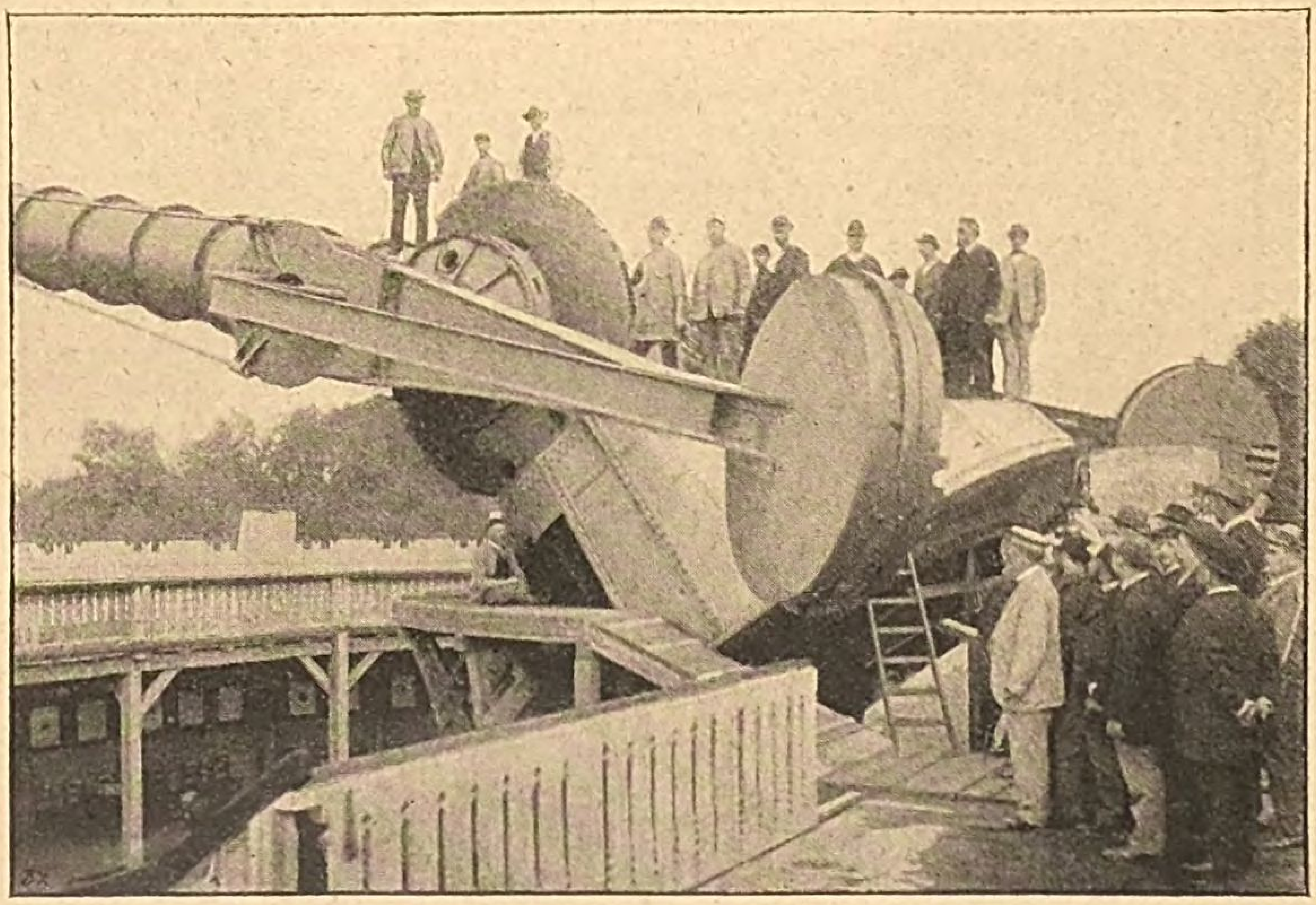


Das Riesenfernrohr in Treptow.

Unsere Abbildung zeigt das Rohr mit dem am Okular-Ende desselben befindlichen Beobachtungsraum, der für mehrere Personen Platz bietet. Von dem Drehgestelle, durch das das Instrument in Bewegung gesetzt wird, so daß es dem Laufe des beobachteten Gestirnes ohne die geringste Erschütterung oder Abweichung zu folgen vermag, ist auf diesem Bilde nur ein Stück des linksseitigen Teiles zu sehen; das vollständige Gestell samt dem Unterbau, auf welchem das Ganze ruht, ist in der Abbildung „Montierung des Treptower Riesenfernrohres" (S. 70) dargestellt.

doppelte Zurückwerfung des Lichtstrahles mittels zweier Spiegel die Beobachtung in stets unveränderter und bequemer Stellung, ja sogar in geschlossenem Raume ermöglicht.

Anläßlich der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1896 wurde auf dem Ausstellungsplatze in Treptow unter der Leitung des Astronomen Archenhold ein „Riesenfernrohr" aufgestellt, das bei einer Länge von 21 m ein Objektiv von 110 cm oder 44 Zoll Durchmesser hat. Es ist dies die größte optische Linse, die bisher hergestellt worden ist; selbst diejenige der Yerkes-Sternwarte in Chicago, die bis dahin als das größte Objektiv der Welt gegolten hatte, mißt nur 40 Zoll im Durchmesser und diejenigen, die an anderen namhaften Instrumenten angebracht sind, bleiben noch weit hinter diesem Maße zurück. Das größte Fernrohr in Deutschland besitzt die Straßburger Sternwarte, ihr Objektiv mißt aber noch nicht die Hälfte desjenigen des Treptower Riesenfernrohres, denn es hat nur $40^1/_2$ cm Durchmesser, und auch die berühmten Fernrohre der Sternwarten von Pulkowa in Rußland und auf dem Mount Hamilton in Kalifornien (die nach ihrem Stifter Lick genannte Lick-Sternwarte) haben nur 30 bezw. 38 Zoll Linsen-Durchmesser. Man hatte es bis dahin überhaupt für unmöglich gehalten, Linsen von derartigen Maßen, wie das Treptower Riesenfernrohr sie zeigt, fehlerfrei herzustellen und hielt es selbst für den Fall des Gelingens des rein technischen Teiles der Aufgabe für durchaus zweifelhaft, ob derartige Linsen auch genug Lichtstärke haben würden, um feinere, für die Wissenschaft nutzbringende Beobachtungen damit anstellen zu können. Thatsächlich büßt eine optische Linse in gleichem Verhältnisse an Lichtstärke ein, was sie an Umfang und dementsprechend an Dicke gewinnt, und mit kleineren astronomischen Fernrohren sind häufig viel feinere und zuverlässigere Beobachtungen gemacht worden als mit großen. Auf diese Erfahrungen gestützt, hielt man es für wissenschaftlich gerechtfertigt, dem Optiker eine Beschränkung hinsichtlich der Größe der Linsen aufzuerlegen. Allein der Optiker wollte sich in seinem Fortschrittsdrange nicht vom Mathematiker durch Ziffern hemmen lassen, die, wenn auch noch so genau berechnet, durch den Versuch von der praktischen Seite her widerlegt werden konnten, und so ließ er denn von seinen Bemühungen nicht ab, mit dem Maße seiner Linsen auch deren Leistungsfähigkeit zu steigern. Um einen solchen Wettkampf der Technik gegen die Mathematik, oder richtiger gesagt der Praxis gegen die Theorie, handelte es sich auch bei dem Treptower Riesenfernrohr. Die wissenschaftliche Welt stand auf der Seite der Theoretiker und bekämpfte das Archenholdsche Projekt aufs lebhafteste. Dieses mußte sich daher anderweitig Unterstützung suchen und fand sie auch dadurch, daß es die Erbauung des Riesenfernrohres zum Gegenstande einer geschäftlichen Spekulation machte und in Verbindung mit den zahlreichen Unternehmungen brachte, die auf dem großartigen



Montierung des Treptower Riesenfernrohres.

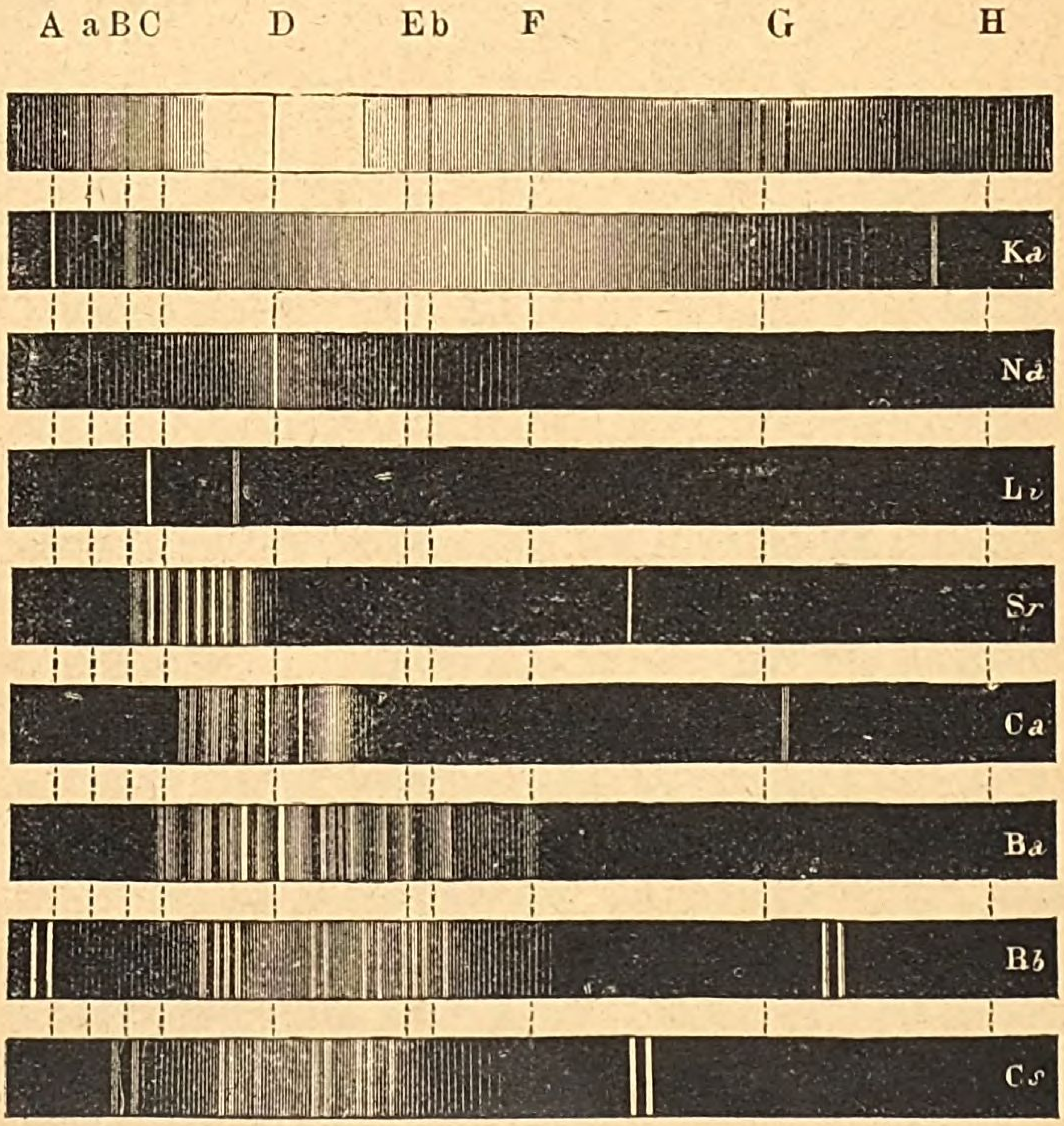
Terrain der Treptower Gewerbe-Ausstellung zur Belustigung des Publikums in Scene gesetzt wurden. Das „Geschäft" als solches scheiterte allerdings; aber die Technik hat doch den Nutzen davon gehabt, daß sowohl die Möglichkeit der Herstellung leistungsfähiger Linsen von einem bisher noch unerreichten Durchmesser praktisch bewiesen als auch der Aufbau eines so gewaltigen Instrumentes, der allein schon ein Meisterwerk des Maschinenbaues darstellt, in tadelloser Weise gelungen ist. Auch sollen mit dem Treptower Riesenfernrohr wiederholt Beobachtungen von wissenschaftlicher Bedeutung gemacht worden sein, so daß auch nach dieser Richtung hin dessen Existenzberechtigung nachgewiesen erscheint. Nicht das kleinste Verdienst hat sich Archenhold durch die Aufstellung seines Fernrohres um die Verbreitung der Wissenschaft in Volkskreisen erworben; nur durch das Vordringen unbefangener Naturerkenntnis in die breitesten Schichten kann die Wissenschaft die ihr zukommende Aufgabe der Eroberung der Kulturwelt und der Ausrottung des Stumpfsinnes und Aberglaubens erfüllen.



Fraunhofer.

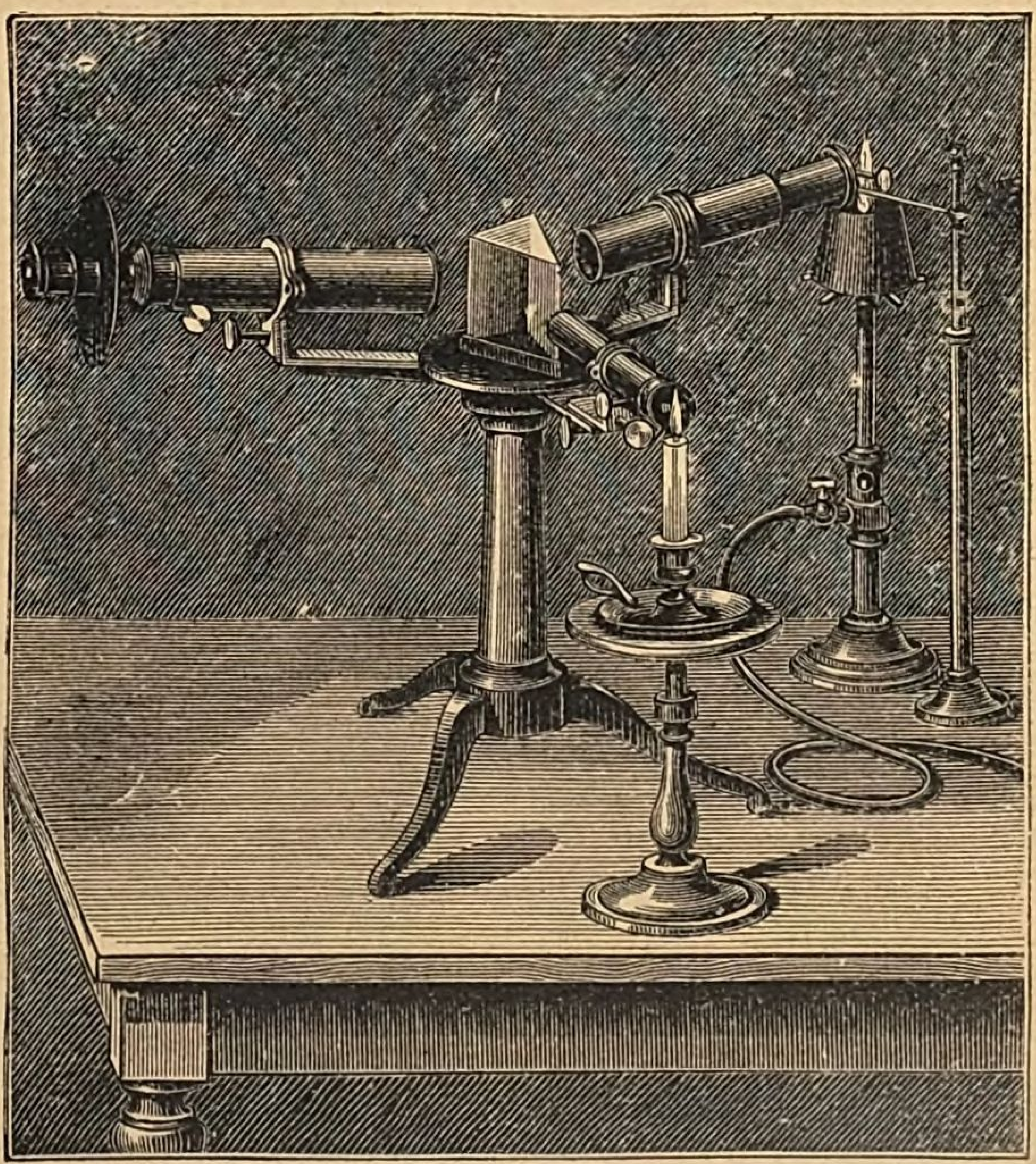
Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurde ein völlig neuer Zweig wissenschaftlicher Forschung durch die von Gustav Robert Kirchhoff (1824 bis 1887) in Gemeinschaft mit dem Chemiker Robert Wilhelm Bunsen erdachte „Spektralanalyse" eingeführt, der sich bald als außerordentlich wichtig für die Erkenntnis der Natur der Gestirne erwies. Spektrum nennt man das farbige Bild, das sich an der Wand oder auf einem Schirm zeigt, wenn man einen durch ein Prisma gehenden und dadurch in seine einzelnen Farben zerlegten Lichtstrahl darauf fallen läßt. Das streifenartige Bild entsteht dadurch, daß das Prisma die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen in verschiedenem Maße bricht, und zwar wird

Rot am wenigsten gebrochen, dann folgt Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Indigoblau und zuletzt das am meisten brechbare Violett. Noch feinere Farbenunterscheidungen lassen sich im Rot, das an seinem äußersten Ende dunkelrot erscheint, und im Violett machen, dessen äußerstes Ende als lavendelfarbig bezeichnet wird. Die verschiedene Brechbarkeit der Lichtstrahlen hängt mit der Schwingungszahl zusammen, die für das Dunkelrot nach der Berechnung Listings 364, für die Strahlen am äußersten Ende des Violetts aber 800 Billionen beträgt. Außer den farbigen, also für das Auge wahrnehmbaren Strahlen lassen sich aber im Spektrum noch solche nachweisen, die nicht sichtbar sind, deren Vorhandensein aber durch andere Erscheinungen sich kundgiebt. Die jenseits des Dunkelrots liegenden „ultraroten“ Strahlen erweisen sich durch die Art ihrer Wirksamkeit im Experimente vorzugsweise als Wärmestrahlen, die jenseits des Violetts gelegenen „ultravioletten“ Strahlen als chemisch wirksame. Das zuerst und am häufigsten beobachtete Spektrum ist dasjenige des Sonnenlichtes. Bei genauer Untersuchung stellt sich heraus, daß dasselbe nicht ein ununterbrochenes Farbenbild darstellt, in welchem die Farben allmählich mit einander verschmelzen, sondern daß es von einer sehr großen Zahl dunkler Linien durchschnitten wird, die bald feiner, bald stärker erscheinen und sich stellenweise zu dichteren Gruppen verbinden. Der Erste, der diese Linien genauer untersucht hat, war der Münchener Optiker Joseph von Fraunhofer (1787—1826). Er bestimmte in den Jahren 1814—1817 die dunklen Linien des Spektrums und bezeichnete dieselben, beim Rot beginnend, mit Buchstaben. Die mit den Buchstaben A, B und C bezeichneten Linien liegen im Rot, die Linie D im Orange, die Linie E im Gelb, F im Grün, G im Dunkelblau und H im Violett. Später hat man noch im ultravioletten Teile des Spektrums die Buchstabenbezeichnung von L—S fortgesetzt und überdies Zwischenlinien, die als besonders charakteristisch hervortreten, mit kleinen und mit griechischen Buchstaben bezeichnet. Während diese Linien im Sonnenspektrum dunkel sind, treten im Spektrum von Flammen, die durch Verbrennung bestimmter Stoffe hervorgerufen werden, helle Linien hervor, die sich mit den an entsprechender Stelle des Sonnenspektrums erscheinenden dunklen Linien decken. So entdeckte schon Fraunhofer im Spektrum der Flamme einer Talgkerze eine helle gelbe Linie, die mit der Linie D des Spektrums genau zusammenfiel. Weitere Beobachtungen führten zu dem Ergebnisse, daß jedem Stoff eine bestimmte Lichtverteilung im Spektrum der durch seine Verbrennung erzeugten Flamme eigentümlich sei und daß ein glühender Dampf dieselben



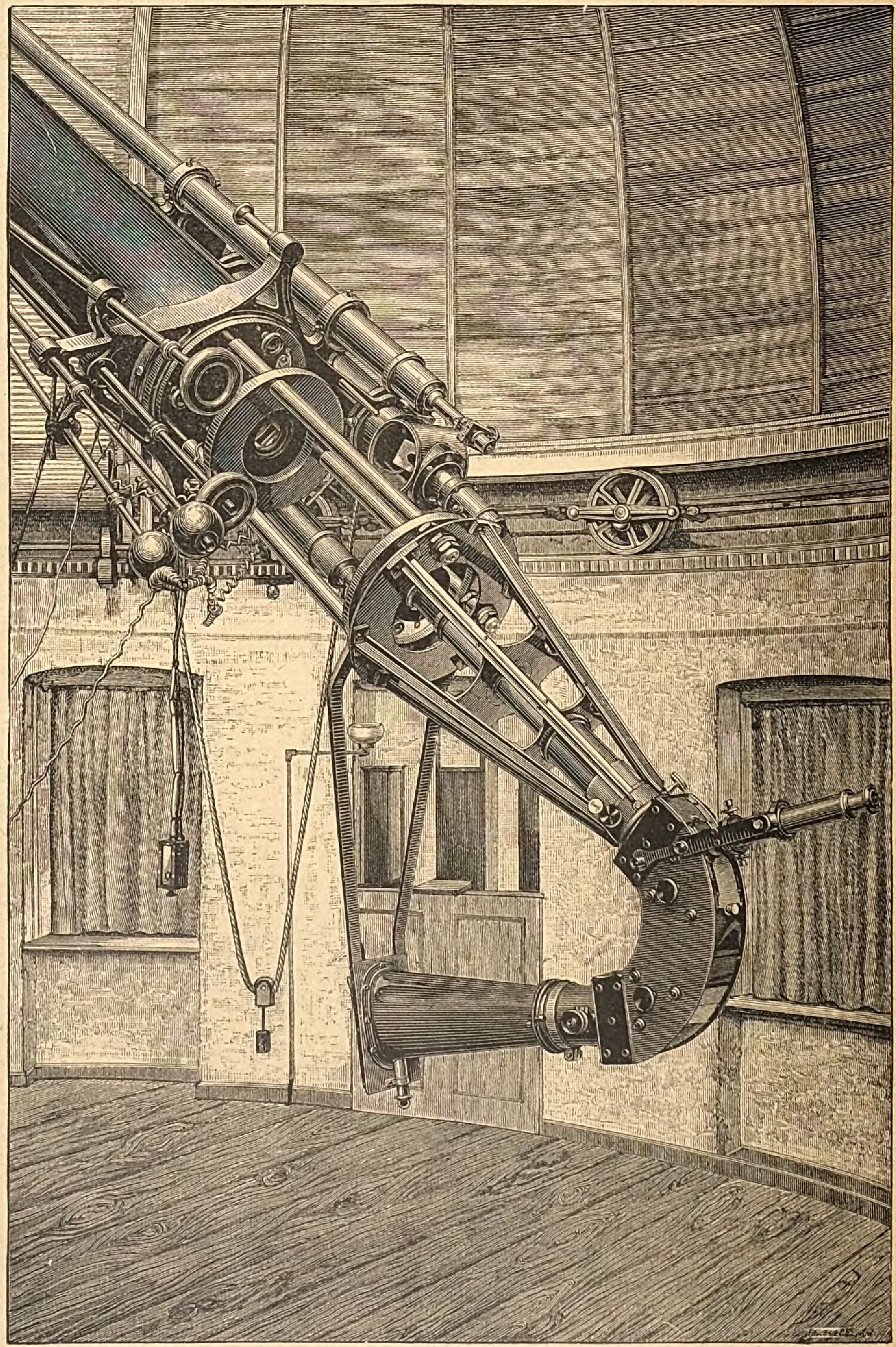
Spektren chemischer Stoffe.

Strahlen, die er selbstleuchtend aussendet, verschluckt, wenn sie von einem fremden Lichte ausgehen, das durch diesen Dampf hindurchdringt. Wird beispielsweise ein natriumhaltiger Stoff — etwa eine Kochsalzlösung — in einer Weingeistflamme verbrannt, so giebt die Flamme ein Spektrum, in welchem eine charakteristische gelbe Linie an derselben Stelle hervordringt, die im Sonnenspektrum die dunkle Linie D einnimmt. Diese Linie (man sieht sie im drittobersten Spektrum unserer Abbildung auf S. 72) ist charakteristisch für das Spektrum des Natriumdampfes. Im Spektrum eines glühenden Platindrahtes, das an und für sich weder helle noch dunkle Linien enthält, erscheint aber an der Stelle der Natriumlinie sofort eine dunkle Linie (die der D-Linie des Sonnenspektrums entspricht), wenn man eine Weingeist-Kochsalzflamme dazwischen schiebt. Kirchhoff hat diese Erscheinung wissenschaftlich erklärt und den Lehrsatz aufgestellt, daß die Spektren fester oder flüssiger Stoffe im Allgemeinen keine Linien, sondern ein gleichförmiges Farbenband zeigen, wie es der glühende Platindraht darbietet, wogegen glühende Dämpfe ein Spektrum zeigen, das aus hellen Linien besteht, und dieselben Linien erscheinen im Spektrum fester oder flüssiger Körper dunkel, wenn deren Licht durch jene glühenden Dämpfe geleitet wird. Nach dieser Lehre wäre die Sonne, deren Spektrum, wie schon erwähnt, eine große Zahl dunkler Linien enthält, als ein fester oder flüssiger glühender Körper aufzufassen, der von einer Hülle glühender Dämpfe umgeben ist, und das Gleiche gilt auch von den übrigen Himmelskörpern, sofern sie sich in glühendem Zustande befinden. Um nun die Natur der Stoffe zu ergründen, aus denen diese Himmelskörper zusammengesetzt sind, bedarf es nur der Aufsuchung jener Körper, die, in Dampfform zum Glühen gebracht, ein Spektrum zeigen, dessen helle Linien sich mit den dunkeln im Spektrum des betreffenden Himmelskörpers decken. Das oberste Band unserer Abbildung auf S. 72 stellt das Sonnenspektrum dar, unterhalb dessen sehen wir das Spektrum des Kaliums mit seinen charakteristischen hellen Linien im Rot einerseits und im Violett andererseits. Dann folgt das Spektrum des Natriumdampfes mit der gelben, das des Lithiums mit dem roten, des Strontiums mit zahlreichen roten und einer blauen Linie, jenes des Calciums mit roten, gelben und blauen, das Spektrum des Kaliumdampfes, das in fast geschlossener Folge rote, gelbe, grüne und blaue Lichtstreifen zeigt, das Rubidiumspektrum, das sich in zerstreuten Liniengruppen vom Rot bis zum Blau erstreckt und endlich das des Cäsiums mit einer breiten Gruppe im Rot und Gelb und zwei charakteristischen blauen Linien. Beiläufig sei bemerkt, daß sowohl das Cäsium als auch das Rubidium erst mit Hilfe der Spektralanalyse von deren Erfindern Kirchhoff und Bunsen im Jahre 1860 entdeckt worden ist.



Spektralapparat von Bunsen.

Unter Spektralanalyse (vom griechischen analyein, auflösen, hergeleitet) ist nach dem Vorgesagten die Methode zu verstehen, nach welcher durch Beobachtung des Spektrums der Flamme eines brennenden Körpers der Grundstoff dieses Körpers erkannt wird. Der



Potsdamer Spektrograph
in Verbindung mit dem Reflektor.

Apparat, mittels dessen derartige Beobachtungen angestellt werden, wird Spektralapparat oder Spektroskop genannt. Nach Bunsens Konstruktion besteht derselbe aus einem Ständer,

der ein Prisma und drei um dasselbe gruppierte Rohre trägt. Das eine dieser Rohre (in unserer Abbildung das linksseitige) ist ein Fernrohr, durch welches der Beobachter das durch das Prisma gebildete Spektrum erblickt, das zweite (in unserem Bilde rechtsseitige) Rohr, das sogenannte Collimatorrohr, nimmt durch einen schmalen Spalt das Bild der Flamme auf, deren Spektrum beobachtet werden soll, und überträgt es mittels einer Sammellinse, die an seinem dem Prisma zugewandten Ende angebracht ist, auf dieses letztere. Das dritte Rohr endlich (in der Abbildung nach vorne gekehrt) trägt an seinem äußeren Ende eine feine durch eine Kerzenflamme beleuchtete Teilung, am inneren, dem Prisma zugewandten Ende eine Sammellinse, die das Bild der Teilung auf das Prisma wirft. Die zu beobachtende Flamme wird in der Regel mittels eines Bunsenschen Gasbrenners, der bei sehr großer Hitze nur sehr wenig Leuchtkraft besitzt, in der Weise hergestellt, daß man den zu verbrennenden Gegenstand an einem Platindraht befestigt, der seinerseits von einem verstellbaren Ständer getragen und mit diesem an den Brenner herangerückt wird. Die gegenseitige Stellung der Rohre ist so gewählt, daß sowohl das Bild des Spektrums als auch dasjenige der Teilung durch das Fernrohr in das Gesichtsfeld des Beobachters gelangen, so daß dieser am Spektrum selbst die Teilung ablesen kann. Zur Beobachtung des Spektrums von Himmelskörpern eignet sich natürlich ein derartiger Apparat nicht. Man hat vielmehr zu diesem Zwecke besondere Sternspektroskope konstruiert, die aus einem System von Linsen und Prismen bestehen, von denen die letzteren teils aus Crown-, teils aus Flintglas angefertigt sind und vermöge ihres verschiedenen Brechungsvermögens den in das Rohr ein- und austretenden Strahlen eine mit der Rohrachse zusammenfallende Richtung geben. Durch Anbringung einer Camera obscura (dunklen Kammer, wie sie die Photographen zu ihren Aufnahmen gebrauchen) an Stelle des Okulars des Beobachtungsfernrohres kann das Sternspektroskop auch zum Photographieren der beobachteten Spektra benutzt werden. Die so eingerichteten Spektroskope nennt man Sternspektrographen, und



Secchi.

unsere Abbildung zeigt einen solchen, der auf dem Observatorium zu Potsdam in Verwendung steht.

„Es wird“ — so schreibt H. C. Vogel, Direktor des Potsdamer Observatoriums, in der von ihm herausgegebenen „Deutschen Ausgabe“ von Newcomb-Engelmanns populärer Astronomie — „als eine der schönsten geistigen Errungenschaften unseres Jahrhunderts betrachtet werden müssen, daß es gelungen ist, das Licht, welches uns ein leuchtender Körper zusendet, und sei es auch aus den fernsten Gegenden des Weltalls, auf seine Zusammensetzung untersuchen und hieraus zum Teil geradezu unfehlbar zu nennende Schlüsse auf die chemische Zusammensetzung des Körpers und auf seinen Aggregatzustand ziehen zu können, ja sogar seine Bewegung durch Untersuchung seines Lichtes festzustellen.“ In der That ist durch die Einführung der Spektralanalyse in die praktische Astronomie ein ganz neuer und selbständiger Zweig dieser Wissenschaft geschaffen worden. Da derselbe hauptsächlich die Aufgabe hat, die physikalischen Verhältnisse, d. i. die natürliche Beschaffenheit der Gestirne, festzustellen, so hat man diesem Zweige der Himmelskunde den Namen „Astrophysik“ gegeben. Ihm verdanken wir unter anderem die Kenntnis, daß Eisen, Calcium, Blei, Quecksilber, Natrium, Barium, Magnesium, Gold- und Wasserstoff Grundstoffe unseres Sonnenkörpers bilden, weil die ihnen entsprechenden Linien des Sonnenspektrums besonders hervortreten. Was die übrigen Fixsterne betrifft, so hat Secchi*) dieselben auf Grund seiner spektralanalytischen Untersuchungen in vier Typen eingeteilt, die er in seinem letzten Werke „Le stelle“ (deutsch in der Internationalen wissenschaftlichen Bibliothek, F. A. Brockhaus, Bd. 34) ausführlich behandelt hat. (Vergl. unsere Sternkarte.) Im ersten Typus faßt Secchi die weißen oder blauen Sterne zusammen, als deren hervorragendster Vertreter der Sirius angesehen werden kann. Diese Sterne haben ein fast kontinuierliches (nicht durch Linien unterbrochenes) Spektrum, das nur vier starke dem Wasserstoff eigentümliche Linien zeigt, und auch diese nur bei den hellsten Sternen dieses Typus, wogegen die schwächeren in der Regel nur die Linie F des Sonnenspektrums, diese aber dann gewöhnlich sehr breit und an den Rändern verschwommen aufweisen. Aus der Verbreiterung und verschwommenen Beschaffenheit dieser Linie schließt Secchi, daß die Wasserstoff-Atmosphäre dieser Sterne eine sehr hohe Temperatur bei bedeutender Dichtigkeit besitzt. Wohl sind auch Spuren der charakteristischen Linien des Magnesiums, Natriums und Eisens bei sehr klarer Luft erkennbar, doch sind dieselben außerordentlich schwach, und Secchi konnte sie niemals unverändert deutlich und scharf begrenzt zu Gesicht bekommen, woraus er folgert, daß die Atmosphären dieser Sterne veränderlich sind. Der erste Sterntypus umfaßt mehr als die Hälfte aller sichtbaren Sterne, doch lassen die Spektren einiger derselben viele feine Linien an solchen Stellen erkennen, an welchen man bei den anderen Sternen desselben Typus kaum eine Spur davon zu entdecken vermag. Secchi erblickt in diesen Sternen eine Uebergangsform zum zweiten Sterntypus, den er als denjenigen der gelben Sterne bezeichnet. Die Spektren der diesem Typus angehörigen Sterne, die etwa ein Drittel aller bis jetzt untersuchten Sterne ausmachen, haben sehr feine Streifen; die Wasserstofflinien sind zwar darin vorhanden, aber lange nicht so deutlich, wie bei den Sternen des ersten Typus. Ihr Spektrum stimmt vollkommen mit dem der Sonne überein; am deutlichsten treten die Linien des Natriums, Wasserstoffes, Eisens und Magnesiums hervor. Bei denjenigen Sternen dieser Gruppe, die ihre Farbe ändern, wechselt auch die Lichtstärke der Spektralstreifen. Das ist beispielsweise der Fall beim Arcturus, dem Hauptstern im Sternbilde des Bootes, und beim Aldebaran im Sternbild des Stieres (vergl. die Karte des nördlichen Sternenhimmels). Diese beiden Sterne leuchten zeitweise rot, und zu dieser Zeit erscheinen die Spektralstreifen breiter und dunkler und einige, wie z. B. die Linie II,

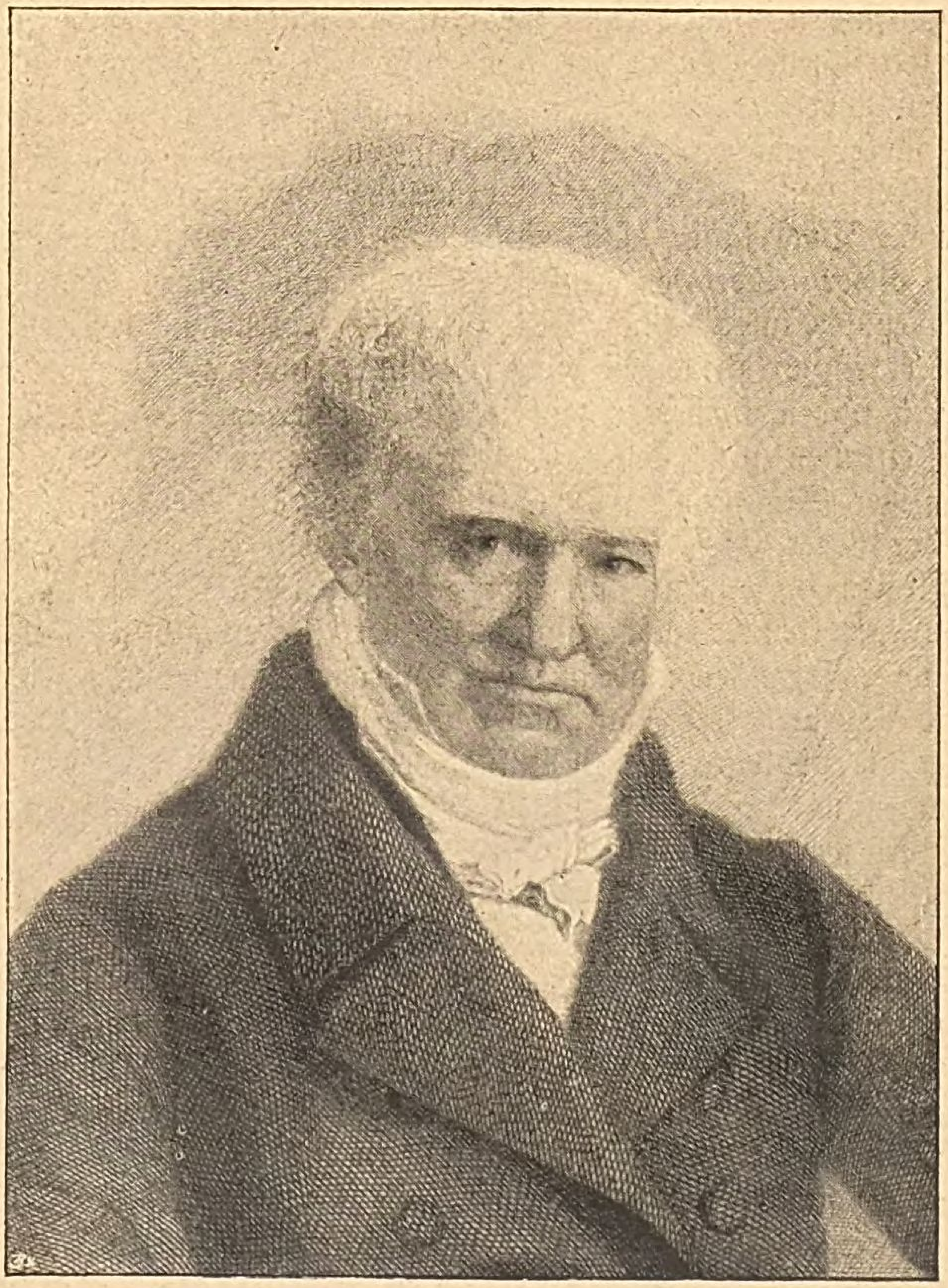
*) Angelo Secchi, geb 1818, bildete sich nach seinem Eintritt in den Jesuiten-Orden in Italien, England und Amerika zum Mathematiker und Astronomen aus, wurde dann Professor am Georgetown-College bei Washington und am Collegio Romano zu Rom, von wo er 1848 infolge der Austreibung der Jesuiten auf Reisen nach Frankreich, England und Amerika ging. Nach seiner Rückkehr errichtete er in Rom eine neue Sternwarte, die unter seiner Leitung zu hohem Rufe gelangte. Er starb 1875.

nehmen schließlich ein ganz verschwommenes Aussehen an und bilden fast säulenförmige Zonen, wie dies bei den Spektren des dritten Typus der Fall ist. Secchi glaubt annehmen zu dürfen, daß viele veränderliche Sterne einen Uebergang vom zweiten zum dritten Sterntypus bilden. In diesen letzteren, dem die meisten der nicht zu den Typen I und II zu zählenden Sterne angehören, reiht Secchi die orangefarbigen und roten Sterne ein. Ihr Spektrum setzt sich aus dunklen und hellen Linien zusammen, die zu Zonen oder Banden vereinigt sind, so daß das Gesamtbild sich wie eine Reihe von nebeneinander gestellten, gerieften und von der Seite des Rot her beleuchteten Säulen ansieht. Der vierte Typus zeigt drei helle durch dunkle Zwischenräume getrennte Bänder in Gelb, Grün und Blau, von denen das glänzendste das in Grün gelegene ist. Auch bei den Sternspektren von diesem Typus tritt die säulenartige Abrundung der einzelnen Teile des Spektrums in die Erscheinung, doch ist der scheinbare Beleuchtungseffekt hier der umgekehrte, d. h. das Licht scheint vom Violett her auf die Säule zu fallen. Diesem Sterntypus, der sich in seinen Einzelheiten außerordentlich veränderlich zeigt, gehören nur wenige kleinere Sterne von blutroter Farbe an, deren Spektren sehr lebhafte Linien und nur wenige Zonen von teilweise auffallender Breite zeigen. Wenn man durch eine mit verdünntem Stickstoff gefüllte Röhre einen mittelstarken elektrischen Funken springen läßt, so erhält man, wie Secchi in seinem bereits genannten Werke angiebt, ein Stickstoffspektrum, das ebenfalls aus Linien besteht, die zu säulenförmigen, durch dunkle Zonen getrennte Gruppen vereinigt sind. Dieses Stickstoffspektrum giebt eine Vorstellung von den Spektren des dritten und vierten Sterntypus. Doch lassen sich einige von diesen nicht in Linien auflösen, und eine Aehnlichkeit dieser Spektren mit anderen aus dem Bereiche der Chemie ist nicht leicht aufzufinden. Einige wenige Sterne gehören keinem dieser vier Typen an, ihre Spektren besitzen vereinzelt stehende, einfache Linien und an Stelle der dunklen zeigen sie helle Linien. So finden sich beispielsweise im Spektrum des Sternes Gamma der Cassiopeja die Wasserstofflinien nicht durch Umkehrung schwarz, sondern hell, eine Erscheinung, die sonst kein einziger Stern am ganzen Himmel mit einziger Ausnahme des Sternes Beta im Sternbild der Leyer zeigt, der von Zeit zu Zeit (es ist ein veränderlicher Stern) helle Wasserstofflinien in seinem Spektrum erkennen läßt. Die Sternspektren weichen übrigens vom Sonnenspektrum sowohl hinsichtlich der Farben als auch mit Bezug auf die chemische Wirkung ihrer Strahlen und auf die Anordnung der Linien vielfach vom Sonnenspektrum ab, doch begegnen die nach dieser Richtung angestellten Beobachtungen vielen Schwierigkeiten, da die photographischen Aufnahmen, die hierzu erforderlich sind, 20 bis 30 Minuten Zeit brauchen und nur bei absoluter Ruhe der Luft und exaktester Bewegung der Instrumente ausgeführt werden können.

Auch die Spektren der Nebelflecke, der Kometen, des Polarlichtes, der Sonnenflecke, des Mondes und der Planeten sind untersucht worden. Dasjenige der meisten Nebelflecke weist mit seinen hellen Linien auf glühende Gasmassen hin; nur einzelne haben, soweit die Beobachtungen vermuten lassen, kontinuierliche Spektren, die auf das Vorhandensein fester glühender Körper schließen lassen. Die drei Bänder des Kometenspektrums werden von einer Seite als dem Kohlenspektrum entsprechend bezeichnet, während von anderer Seite mehr Aehnlichkeit zwischen den Spektren der Kometen und demjenigen des Benzin gefunden wird. Im Spektrum des Polarlichtes finden sich helle Linien, die denjenigen der Eisendämpfe zu entsprechen scheinen, andererseits glaubt man aber im Nordlichtspektrum nur eine Modifikation desjenigen der atmosphärischen Luft erblicken zu sollen. Das Mondspektrum ist demjenigen der Sonne völlig gleich gefunden worden; im Uranus- und Neptunspektrum und in geringerem Maße auch in demjenigen anderer Planeten treten aber zahlreichere dunklere Streifen hervor. Das Spektrum der Sonnenfläche hat schärfer ausgeprägte Fraunhofersche Linien und läßt auch eine geringe Verschiebung derselben erkennen. Eine solche Verschiebung tritt auch ein, wenn die Lichtquelle, deren Spektrum beobachtet wird, sich dem Beobachter nähert, oder sich von ihm entfernt, und zwar steigert sich diese Verschiebung mit zunehmender Geschwindigkeit der Bewegung der Lichtquelle. Man hat diese

Erscheinung dazu benutzt, die Geschwindigkeit der Bewegung der Fixsterne im Raume und die Richtung dieser Bewegung mit Bezug auf die Erde (die Annäherung an diese oder die Entfernung von ihr) zu bestimmen. Diese Versuche sind zu einer überraschenden Genauigkeit vorgeschritten, seit die Photographie auch auf dem Gebiete der Spektralanalyse Anwendung findet. Bei sehr hellen Sternen kann man mittels dieses Verfahrens die Natur derselben als einfache oder Doppelsterne erkennen.

Ein weiterer sehr bedeutender Fortschritt auf dem Gebiete der Himmelskunde ist die Anwendung der Photographie auf die kosmischen Vorgänge. Erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ist man dahin gelangt, photographische Abbilder von Fixsternen, Nebelflecken und Kometen in einer Weise herzustellen, daß dieselben zur Vornahme nachträglicher Maßbestimmungen benutzt werden konnten. Da das Licht dieser Himmelskörper nur schwach ist, so müssen außerordentlich lichtempfindliche Platten zu derlei photographischen Aufnahmen benutzt werden, denn wenn die Aufnahmezeit behufs Erzielung eines brauchbaren Bildes allzu sehr in die Länge gezogen werden muß, so werden selbst die geringsten Ungenauigkeiten im Gange des Mechanismus, der das Fernrohr der wirklichen oder scheinbaren Bewegung des aufzunehmenden Gestirnes folgen läßt, das Mißlingen des Bildes zur Folge haben. Eine Anzahl von Sternwarten hat sich zur Aufnahme photographischer Karten des ganzen (nördlichen und südlichen) Fixsternhimmels vereinigt, die alle Sterne bis zu denjenigen 16. Größe enthalten sollen. Da bei der Photographie die chemisch wirksamen, aber für das Auge unsichtbaren (ultravioletten) Strahlen mit in Frage kommen, so nimmt die lichtempfindliche Platte weit mehr wahr als das Auge des Beobachters, und läßt noch viele schwache Sterne und Nebelflecke sichtbar werden, die dem Beobachter entgehen.



Alexander von Humboldt.
Nach einem Stiche von R. Troßin.

Die Fortschritte, die im Laufe des 19. Jahrhunderts die Wissenschaft auf dem Gebiete der Erdkunde gemacht hat, hängen einerseits mit der Vervollkommnung der Verkehrsmittel durch Einführung der Eisenbahnen und Dampfschiffe, andererseits damit zusammen, daß die Macht der Wissenschaft immer mehr die Oberhand über die sich ihr entgegenstellenden weltlichen und kirchlichen Autoritäten gewann, so daß sie nicht nur in den Kulturstaaten der europäischen Welt, sondern durch deren Vermittelung auch in fremden Ländern diejenige Unterstützung fand, die zu ihrer weiteren Entwickelung erforderlich war. Die europäischen Besitzungen erstreckten sich über alle Erdteile und brachten dort die

Civilisation auf ihren eigenen Gebieten zu souveräner Geltung; gleichzeitig vermittelten sie aber auch durch ihren Einfluß im politischen Sinne und die Anknüpfung von Handelsbeziehungen deren Verbreitung in den Nachbarländern, und eine Folge davon war, daß das Reisen in Gebieten, die früher dem Fuße des Europäers unzugänglich waren, immer sicherer und leichter wurde. So wurde den Forschern ein Wirkungskreis von solcher Ausdehnung eröffnet, wie man ihn sich noch im vorigen Jahrhundert kaum hätte vorstellen können, während sich früher die Entdeckungen und Besitzergreifungen meist nur auf Inseln und Küstenstriche beschränkten, konnte sich jetzt die Forschung auch über die weiten, inneren Gebiete der fremden Länder erstrecken. Soweit die Erdkunde mit der Kunde vom Kosmos im Allgemeinen zusammenhängt, folgen die Fortschritte derselben naturgemäß denjenigen der Astronomie; ein Zweig der Erdkunde, der zwar schon im Altertum gepflegt worden, aber erst in neuester Zeit durch Alexander von Humboldt, Leopold von Buch, Dove und andere auf eine hohe Entwickelungsstufe gehoben worden ist, ist die Meteorologie, die sich mit den Vorgängen in der Erdatmosphäre beschäftigt und deren Ursache und Gesetze zu ergründen bestrebt ist. Eine große Anzahl meteorologischer Stationen wurde im Laufe dieses Jahrhunderts begründet und arbeiten unter der geistigen Leitung internationaler Meteorologen-Kongresse auf das gemeinsame Ziel hin, durch fortgesetzte Beobachtung feste Anhaltspunkte für die Beurteilung der Temperatur- und Bewegungsverhältnisse des Luftmeeres unter allen Breiten, auf dem festen Lande so gut wie auf dem tiefsten Meeresgrunde, an den Polen und in den höchsten Luftregionen ebensowohl, wie in den Niederungen der Binnenländer und an den Küsten zu gewinnen. Die Behandlung der Fortschritte der Erdkunde auf den Gebieten der Länder- und Völkerkunde fällt aus dem Rahmen dieses Werkes. Ebenso wenig kann hier — wie schon früher bemerkt — auf eine wenn auch noch so oberflächliche Aufzählung der Fortschritte eingegangen werden, die im Laufe unseres Jahrhunderts auf anderen Gebieten der Naturwissenschaften erzielt worden sind; so weit dieselben Gegenstände betreffen, die in den Kreis unserer Betrachtungen fallen, werden sie am entsprechenden Orte zur Sprache gebracht werden. Dagegen dürfen wir dieses Kapitel nicht schließen, ohne eines der wichtigsten Fortschritte zu gedenken, die die Naturerkenntnis unserem Jahrhundert zu verdanken hat. Es ist dies der siegreiche Durchbruch jener einheitlichen Weltanschauung, die die Natur nicht als das Werk unzusammenhängender, willkürlicher Entstehungs- oder Schöpfungsakte, sondern als das Ergebnis eines Entwickelungs-



Cuvier.
Nach einem Gemälde von Pickersgill.

prozesses betrachtet, der sich über alle Naturwesen vom kleinsten bis zum größten, über Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft erstreckt. Die Gesetze dieses Entwickelungsprozesses in ihren Hauptzügen festzulegen, ist erst der Wissenschaft unseres Jahrhunderts gelungen. Noch der berühmte Zoologe Georg Cuvier (1769—1832) und nach ihm der schweizerische Naturforscher und spätere Professor der Geologie und Zoologie in Cambridge und Charleston in Nordamerika, Louis Agassiz (1807—1873), konnten sich von der Ansicht nicht losmachen, daß die Lebewelt auf unserer Erde kein zusammenhängendes Ganze bilde, sondern in verschiedenen Zeitaltern stets wieder aufs neue entstanden oder, was auf das Gleiche herauskommt, durch verschiedene Schöpfungsakte ins Dasein gerufen worden sei. Die Geologie, d. h. die Lehre von der Zusammensetzung und dem Bau der Erde und vornehmlich der festen Erdrinde, ist, obgleich man sich schon im Altertum in allerlei tiefsinnigen Vermutungen über den Ursprung der Erde und die Wandlungen der Erdoberfläche ergangen hatte, eine verhältnismäßig junge Wissenschaft, denn sie nahm erst in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts durch die Arbeiten Agricolas (1490—1555) einen wissenschaftlichen Charakter an. Das System des Mineralreiches dieses ausgezeichneten deutschen Mineralogen, dessen eigentlicher Name Georg Bauer war, blieb bis in das 18. Jahrhundert hinein die Grundlage aller weiteren Arbeiten auf diesem Gebiete. Nichtsdestoweniger hat diese junge Wissenschaft in ihrer Geschichte bereits eine Periode des Rückgangs zu verzeichnen. Nachdem der Däne Nicolaus Stenson (1636—1686) die wahre Natur der Versteinerungen und der Engländer Martin Lister (1638—1712) ihre Bedeutung für die Bestimmung der zeitlichen Aufeinanderfolge der Gesteinsschichten erkannt, Abraham Gottlob Werner (1750 bis 1817) auf Grund der Beobachtung einen neuen Zweig der geologischen Wissenschaften — die Geognosie — geschaffen und dafür ein System aufgestellt hatte, das allgemein Aufsehen erregte, entstand zu Anfang unseres Jahrhunderts ein Kathederstreit unter den Geologen, der für den Fortschritt dieser Wissenschaft geradezu zum Hemmnis wurde. Werner, dessen Forschungsgebiet sich auf die Gebirge seiner sächsischen Heimat beschränkte, gelangte durch die hier gemachten Beobachtungen zu der Annahme, daß alles Gestein durch Niederschläge aus dem Grunde des Oceans entstanden sei. In diesem erblickte er die eigentliche Ursprungsstätte aller irdischen Gebilde der Vergangenheit und Gegenwart, wogegen er den Vulkanen eine untergeordnete, mehr lokale Bedeutung zuerkannte, indem er sie für das Ergebnis der Entzündung brennbarer Stoffe im Erdinnern ansah und in der von ihnen ausgeworfenen Lava nichts anderes erblickte als umgeschmolzene Gesteinsmassen, die ursprünglich ebenfalls durch Ablagerungen auf dem Meeresgrunde entstanden waren. Man bezeichnete diese Auffassungsweise Werners als „Neptunismus" (vom Namen des römischen Meeresgottes Neptun abgeleitet), und das hohe Ansehen, das ihr Urheber in der wissenschaftlichen Welt und namentlich auch im Kreise seiner zahlreichen Schüler genoß, hatte die rasche Verbreitung und vielseitige Anerkennung seiner Lehre zur Folge. Gegen den Neptunismus erhob sich aber bald eine entgegengesetzte Anschauungsweise, als deren Träger der Schotte James Hutton (1726—1797) anzusehen ist. Dieser ließ zwar die Lehre Werners für die mit Ueberresten pflanzlicher und tierischer Organismen durchsetzten dichten Gesteine bestehen, nahm aber für diejenigen Gesteinsarten, denen diese bezeichnenden Merkmale fehlten, vulkanischen Ursprung in Anspruch. Diese Anschauungsweise entwickelte sich später zu einem förmlichen Lehrgebäude, das man im Gegensatze zum Neptunismus nach Pluto, dem antiken Fürsten der Unterwelt, als „Plutonismus" bezeichnete. Nachdem die geologischen Untersuchungen ergeben hatten, daß die plutonischen Gesteine die untersten, also ältesten Schichten der Erdrinde bilden, gelangte man zu der Annahme, daß überhaupt alle Gesteinsmassen plutonischen Ursprunges seien und erst später durch die Einwirkung des Wassers und der Luft verändert, zerstört, weggeschwemmt und auf dem Meeresgrunde durch Aufhäufung und Zusammenpressung in Schichtengesteine umgewandelt worden seien. Leopold von Buch (1774—1853), der als Schüler Werners ursprünglich ein Anhänger der neptunistischen Anschauung gewesen war, wurde später einer der entschiedensten Plutonisten; er unterschied zwischen Gesteinen vulkanischer und plutonischer Natur, indem

er ersteren alles an der Erdoberfläche, letzteren dagegen alles im Erdinnern durch vulkanische Thätigkeit entstandene oder zur Erstarrung gelangte Gestein beizählte; nicht nur Porphyr und Granit, sondern auch Gneis und Glimmerschiefer, Kalk, Quarz und andere Mineralien wurden von den Plutonisten als vulkanisch betrachtet, und Buch lehrte beispielsweise die Umwandlung des Kalksteines in Dolomit*) durch Magnesiadämpfe. Alexander von Humboldt, ebenfalls ein Schüler Werners, hatte sich bei Lebzeiten seines Lehrers aus Pietät gegen diesen von dem Streite zwischen Plutonisten und Neptunisten ferngehalten, erklärte sich aber später zu Gunsten der plutonischen Anschauungen, die jedenfalls einen Fortschritt in der Naturerkenntnis, zum allermindesten eine Erweiterung des Gesichtsfeldes bedeuteten, wenngleich sie in mancher Hinsicht, so namentlich mit Bezug auf die Bedeutung der inneren Erdwärme für die Gesteinsbildung, sehr viel Uebertreibung enthielten. Der Streit zwischen den beiden Parteien wurde immer heftiger und nahm alles Interesse der Geologen so ausschließlich in Anspruch, daß dadurch der Fortschritt auf dem Gesamtgebiete dieser Wissenschaft eine Zeit lang bedenklich gehemmt wurde. Dazu kam die Cuviersche Katastrophenlehre, die in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts noch gewaltig in den Köpfen der Gelehrten spukte. Sie hatten, wie Bernhard von Cotta (1808—1879) in seiner „Geologie der Gegenwart“ (1866) schreibt, „noch ihre besondere Vorwelt, in der sie die Phantasie frei walten ließen, beinahe ungebunden durch die Gesetze der Natur, am wenigsten durch die tägliche Erfahrung. Nichts hinderte sie, in dieser Vorwelt eine besondere Jugendkraft der Erde und gewaltige allgemeine Katastrophen anzunehmen, durch welche fast alles Vorhandene plötzlich zerstört und dafür überall Neues geschaffen wurde; das war der Ursprung der sogenannten Schöpfungsperioden, deren jede eine Welt für sich darstellte. Sie bevölkerten die Erde nach Belieben mit einer riesenhaften Tierwelt unter der üppigsten tropischen Vegetation; sie ließen plötzlich unermeßliche Fluten hereinbrechen, welche gewaltige Felsmassen entführten und ganze Länder überschwemmten; über Nacht entstanden vor ihrem Seherauge große Vulkane, umgeben von sogenannten Erhebungskratern; hohe Gebirgsketten wurden fast mit einem Ruck emporgeschoben; durch vulkanische Kräfte ließ man große Felsblöcke hunderte von Meilen weit schleudern; im Erdinnern wütete ein gewaltiges Centralfeuer, stets bereit, die starre Kruste zu sprengen; oder man löste die ganze Erde in Wasser auf und ließ sie schichtenweise daraus niederschlagen. Jeder geologischen Periode erkannte man ihre besonderen Wirkungen, wie ihre besondere Tier- und Pflanzenwelt zu; in der



Charles Lyell.

*) Dolomit- oder Bitterkalk ist eine nach dem französischen Mineralogen Dolomieu benannte Gesteinsart, die namentlich in den wild-malerischen Felslandschaften des Fassa- und Ampezzothales in Südtirol zu großartiger Erscheinung kommt, aber auch in Thüringen, der fränkischen Schweiz und anderen Gegenden sich findet. Das Dolomitgestein enthält neben Kalk einen großen Procentsatz, nahezu die Hälfte, kohlensaures Magnesium. Eine Abart desselben ist der sogen. Braunspat, kohlensaures Eisenoxydul, dem er seine Färbung verdankt.

einen wurden diese oder jene Gesteine, in der anderen diese oder jene Metalle gebildet; die eine zerstörte, die andere schuf Gebirge, Thäler und Seebecken. Das war eine bequeme Zeit für die Geologen; man konnte im Lehnstuhl über die eingebildeten Vorgänge nachdenken; mit etwas Phantasie ließ sich alles gar leicht erklären."

Schon zu Cuviers Zeit erhob sich aus den Reihen der Männer der Wissenschaft Widerspruch gegen diese Anschauungsweise; Charles Lyell (1797—1875) veröffentlichte 1830 — also zwei Jahre vor dem Tode des berühmten Erfinders der Katastrophentheorie — seine „Grundsätze der Geologie", in denen er klarlegte, daß es keineswegs nötig sei, übernatürliche Ursachen oder summarische Gewaltthätigkeiten der Natur vorauszusetzen, um den Bau und die Entwickelung der Gebirge zu begreifen; vielmehr sei die Erklärung dieser Thatsachen aus solchen Ursachen zulässig, die auch noch in der Gegenwart die Umbildung und Umarbeitung der Erdoberfläche bewirken. Als solche Ursachen bezeichnete Lyell die atmosphärischen Einflüsse, die mechanische und chemische Zersetzungskraft des Wassers in seinen verschiedenen Erscheinungsformen, und endlich die Kraftäußerungen der in feuerflüssigem Zustande befindlichen Massen im Erdinnern.

Gelang es der überzeugenden Darstellungsweise Lyells, die aus der Cuvierschen Theorie geschöpften Lehrmeinungen mit Bezug auf die Entwickelungsgeschichte der Erdoberfläche zu verdrängen, so blieben dieselben doch noch bis über die Hälfte unseres Jahrhunderts hinaus in Kraft, so weit es sich dabei um die organische Welt handelte. Die sinnliche Vorstellung von einer lebendigen, nach Menschenart sinnenden und schaffenden, weltregierenden Kraft brachte es mit sich, daß man selbst bei weit vorgeschrittener Aufklärung in allem Lebendigen gewissermaßen einen Teil jener Kraft erkennen zu müssen glaubte; wie Mephistopheles das Blut als einen „ganz besonderen Saft" bezeichnete, so meinte man auch das Leben als eine ganz besondere Erscheinung in der Natur ansehen zu sollen, die, wenn auch äußerlich mit der leblosen Natur zusammenhängend, ihrem Wesen nach doch grundverschieden von dieser sei. Man hielt die Natur für absolut unfähig, ihre Lebewesen selbst zu erzeugen; nur eine übernatürliche Kraft wurde als ausreichend befähigt zu solcher Leistung erkannt, und nur ein übernatürlicher Akt konnte es nach dieser Anschauung sein, der eine solche Leistung zu stande brachte. Die Ansicht, daß Pflanzen und Tiere durch einen göttlichen Schöpfungsakt ins Dasein gerufen worden seien und daß sie so, wie sie jetzt sind, von allem Anfang her waren und in alle Ewigkeit sein werden, bestand auch dann noch fort, nachdem man, gezwungen durch die unerbittliche Logik der Thatsachen, die Anschauung nicht mehr hatte von der Hand weisen können, daß unser ganzer Planet, ja der ganze Kosmos das Produkt eines Entwickelungsvorganges sei. Wohl trat schon zu Anfang des Jahrhunderts in Johann Baptist Lamarck (1744—1829) ein erleuchteter Geist auf, der in seiner 1809 erschienenen „Philosophie zoologique" die Meinung aussprach, daß die aus der Mosaischen Lehre hergeleitete und von Linné (vergl. S. 64) vertretene Lehre, wonach alle einzelnen Tier- und Pflanzenarten unveränderliche Produkte eines göttlichen Schöpfungsaktes seien, auf einer ganz willkürlichen Annahme beruhen, der er die Lehre gegenüberstellte, daß die höheren Tierformen durch allmähliche Umbildung aus niedrigsten und einfachsten, diese letzteren aber durch Urzeugung*) entstanden seien. Auch der Deutsche Caspar Friedrich Wolff (1733—1794) hatte bereits einem ähnlichen Gedanken Ausdruck gegeben und auf Grund genauer Beobachtungen die Lehre aufgestellt, daß die unendliche Mannigfaltigkeit organischer Formen aus einer geringen Zahl von ursprünglichen Typen sich herausentwickelt habe. Diese Ansichten blieben aber ganz vereinzelt, und Ernst Häckel, auf den wir später wiederholt zu sprechen kommen werden, erzählt in seiner „Anthropogenie" zur Kennzeichnung der

*) Urzeugung — auch Generatio aequivoca genannt — ist die unmittelbare Entstehung organischer Wesen aus unorganischem oder organischem, aber ungeformtem Bildungsstoffe. Obgleich diese Entstehungsweise weder in der Natur noch durch das Experiment bis jetzt hat nachgewiesen werden können, so ist sie deshalb doch nicht einfach von der Hand zu weisen, denn man kennt zahlreiche nur aus formlosem Stoffe bestehende Wesen, die Bewegung, Aufnahme von Nahrungsstoff und Wachstum zeigen und nicht durch Keime, sondern einfach durch Selbstteilung sich vermehren.

damaligen Verhältnisse, daß er während seiner ganzen Universitätsstudien niemals ein Wort über diese wichtigste Grundfrage der Biologie*) gehört habe. Obwohl er während dieser Zeit (1852—1857) die ausgezeichnetsten Lehrer auf allen Gebieten der organischen Naturwissenschaft zu hören Gelegenheit hatte, hat doch keiner von ihnen je von dieser Grundfrage gesprochen oder die Frage von der Entstehung der Arten auch nur berührt. Der supranaturalistische**) Standpunkt war — und ist großenteils auch heute noch — so tief eingewurzelt, daß man glaubte und noch glaubt, ihm wenigstens die organische Welt als letztes Bollwerk erhalten zu müssen.

Eine Annäherung der Anschauungen betreffs der organischen Welt einerseits und der anorganischen oder leblosen Welt andererseits wurde durch das Aufkommen der Molekulartheorie vermittelt. Wie schon an anderer Stelle (S. 65) erwähnt worden ist, versteht man unter Molekülen eine chemische Verbindung von Atomen, oder richtiger gesagt die kleinsten Teile eines Körpers, in welche dieser ohne Störung seiner chemischen Beschaffenheit geteilt werden kann. Der Zusammenhang der Moleküle wird durch sogenannte Molekularkräfte bewirkt, deren Wirkungsweise man sich im Sinne der Anziehung vorstellt, die sich zunächst mit der Annäherung der Moleküle steigert, bei noch größerer Annäherung aber in Abstoßung übergeht. Am meisten Wahrscheinlichkeit gewinnt diese Anschauungsweise bei der Betrachtung fester elastischer Körper, die, wenn man sie auseinander zieht, sich kräftig wieder zusammenzuziehen suchen, während, wenn sie zusammengedrückt werden, ein ebenso kräftiger Widerstand gegen diesen Druck bemerkbar wird. Eine andere Vorstellung von der Wirksamkeit der Molekularkräfte ist die, daß man sich die Moleküle in kreisender Bewegung um einander begriffen denkt, wobei auch Centrifugalkräfte***) zur Geltung kommen, aus denen man sich die Erscheinungen der Abstoßung erklären zu können glaubt. Ob von diesen Vorstellungen die eine oder die andere der Wahrheit näher kommt, oder ob man es hier nur mit einem theoretischen Notbehelf zu thun hat, den man eben so lange beibehält, bis eine stichhaltigere Hypothese an dessen Platz tritt, ist für unsere Betrachtung nicht von Belang; eine durch die Beobachtung jeden Augenblick festzustellende Thatsache ist es hingegen, daß sich auch die kleinsten Teile anorganischer Stoffe in steter, durch Gesetze genau geregelter Bewegung befinden. Wir brauchen nur eine mit Zucker-, Alaun- oder einer anderen Salzlösung gesättigte Flüssigkeit in ein Gefäß zu gießen, welches mit Fäden durchzogen ist oder in das man Stäbchen stellt, und die Flüssigkeit ruhig darin stehen zu lassen, um schon nach kurzer Zeit sich zu überzeugen, daß die in der Flüssigkeit aufgelösten ursprünglich festen Teilchen nach den Fäden oder Stäbchen hindrängen, um sich dort zu festen Körpern von ganz bestimmter Form, sogenannten Krystallen, zu verdichten. Wir sehen hier also Vorgänge, wie sie in der lebenden Natur vorkommen: selbständige Bewegung und Formbildung aus vorher formlosen oder ganz anders geformten Stoffen. Nicht alle Stoffe sind krystallinischer Natur, d. h. zur Krystallbildung geneigt; diese stellt sich vielmehr als eine besondere Art der Anziehungskraft kleinster Teilchen unter einander dar. Aber auch bei Stoffen amorpher (gestaltloser) Natur finden wir eine ähnliche Erscheinung, wenn sie aus dem gasförmigen oder tropfbar flüssigen Zustande durch Abkühlung in den festen Zustand übergehen; dasselbe gilt von ursprünglich festen Stoffen, die in einer Flüssigkeit aufgelöst sind und mit dieser zusammen einen gleichartigen flüssigen Stoff darstellen, sobald ihnen durch Verdampfung oder Verdunstung die flüssige Beimengung entzogen wird. Auch hier findet eine gegenseitige Anziehung der kleinsten Teilchen statt, die vorher

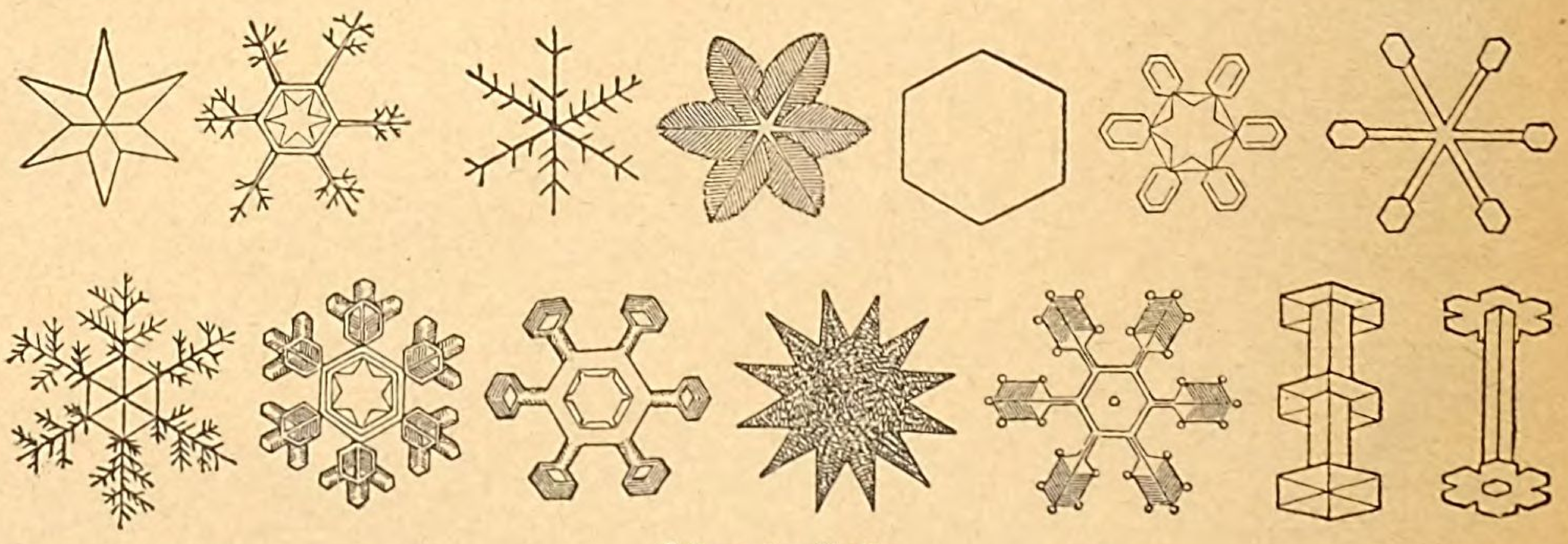
*) Biologie nennt man die Lehre vom Leben, im engeren Sinne die Wissenschaft, die sich mit den belebten Naturkörpern befaßt, im Gegensatze zu Geologie, Mineralogie u. a. Wissenschaften, die die unbelebte Natur behandeln.

**) Supranaturalistisch s. v. w. übernatürlich, im obigen Sinne also diejenige Anschauungsweise, die als letzten Grund der Dinge in der Natur eine Kraft oder Macht ansehen zu müssen glaubt, die außerhalb der Natur oder als leitendes Prinzip über derselben steht.

***) Centrifugal s. v. w. vom Mittelpunkte wegfliehend, im Gegensatze zu centripetal, d. h. dem Mittelpunkte zustrebend. Centripetal wirkt z. B. die Schwerkraft oder Anziehungskraft der Erde, die wir uns in deren Mittelpunkt verlegt denken, centrifugal die Schwungkraft, die bestrebt ist, jedes einzelne Teilchen einer rotierenden Masse von der Achse, um die diese sich dreht, zu entfernen.

— in gasförmiger Gestalt — auseinander drängten oder — in tropfbar flüssiger Gestalt — keinerlei festen Zusammenhang unter einander hatten, sondern nur durch das Gefäß, das sie umschloß, zusammengehalten wurden. Das Ganze vereinigt sich zu einer festen Masse, und wenn diese auch nur die Größe eines Staubkornes hat oder ihr Zusammenhang so lose ist, daß sie schon bei bloßer Berührung zerbröckelt oder in Staub zerfällt, so bleiben doch immer noch Moleküle in großer Zahl zu einem festen Körper vereinigt. Bei manchen Körpern ist aber die Anziehungskraft der Moleküle untereinander so stark, daß sie nur unter Anwendung großer Gewalt von einander getrennt werden können. Ein augenfälliges Beispiel hiervon bietet das so leicht bewegliche Wasser dar, das, wenn es zu Eis erstarrt, an Festigkeit manchem Metall gleichkommt.

Wir wollen nun zu den Krystallen zurückkehren, die hinsichtlich der Bildung von Formen nach bestimmten Gesetzen eine große Aehnlichkeit mit den Organismen und deren einzelnen Organen zeigen, da auch hier die Formbildung nach bestimmten Gesetzen sich vollzieht. Legen wir die Samenkörner verschiedener Pflanzenarten in einen gemeinsamen Nährboden und behandeln wir sie alle in ganz gleichmäßiger Weise, so wird nichtsdestoweniger jedem dieser Samenkörner diejenige Pflanze entsprießen, von deren Art das Samenkorn selbst herstammt; die Formbestimmung liegt also hier nicht in äußeren Anlässen, sondern in der Natur des Samenkornes, dem das ihm eigentümliche Formbildungsgesetz



Schneekrystalle.

von vornherein innewohnt. Aehnlich verhält es sich mit den Molekülen eines krystallinischen Körpers; sie ordnen sich, wenn der Krystallisationsprozeß eingeleitet ist, vermöge ihrer gegenseitigen Anziehungskraft in einer ganz bestimmten, dem betreffenden Stoffe eigentümlichen Weise, indem sie geradlinig begrenzte regelmäßige Ebenen (Krystallflächen) bilden, deren gegenseitige Richtung von der chemischen Natur der Moleküle abhängt, und nur nach der Richtung der Krystallflächen können die fertig gebildeten Krystalle gespalten werden. Ob diese Krystalle zu mächtigen Gebilden anwachsen oder ob sie so klein sind, daß sie nur unter dem Mikroskop wahrgenommen werden können, stets bilden sie sich nach bestimmten geometrischen Systemen, deren man sechs verschiedene kennt. Durch äußere physikalische Verhältnisse, namentlich durch den Einfluß verschiedener Temperaturen, kann die Krystallbildung in mannigfachster Weise abgeändert werden. Ein sprechendes Beispiel hierfür giebt der Schnee, die Krystallisationsform der zu Niederschlägen sich verdichtenden Wasserdünste der Atmosphäre. Das Wasser krystallisiert immer nach dem sogenannten hexagonalen System, das auf drei gleichen, einander schneidenden Nebenachsen und einer vierten auf die Ebene der ersteren senkrecht stehenden längeren Hauptachse beruht; allein je nach der Temperatur nehmen die Schneekrystalle die mannigfachsten Formen an. Bei sehr großer Kälte bilden sie feine, glänzende sechsseitige Tafeln, bei höherer Temperatur sechseckige Säulen, und infolge der Kombination und weiteren Ausgestaltung dieser Grundformen die wunderbarsten Gebilde, deren einige die obenstehende Abbildung zeigt. Es kann infolge äußerer Anlässe vorkommen, daß die Krystalle eines und desselben Stoffes hinsichtlich des

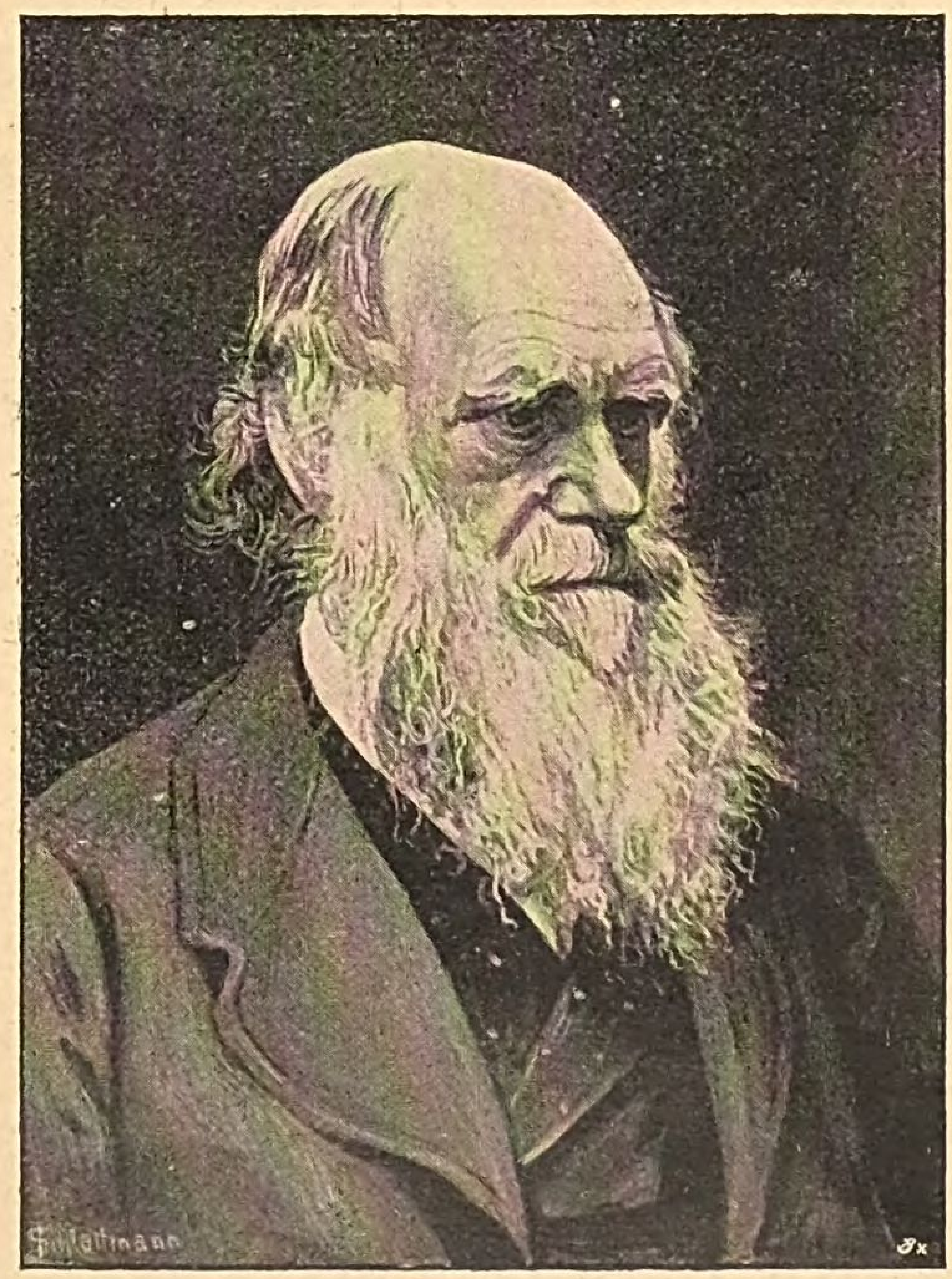
Systemes, in dem sie krystallisieren, Abweichungen zeigen; nichtsdestoweniger ist die Form eines Krystalles stets von seiner chemischen Zusammensetzung abhängig. Stoffe, die sich in ihrem chemischen Verhalten ähnlich sind, stimmen auch in ihrer Krystallform mit einander überein, und einzelne Teile von solchen Stoffen können sich in einem Krystall gegenseitig vertreten, ohne daß eine wesentliche Aenderung der Krystallform dadurch bedingt wäre. Einfache oder zusammengesetzte Stoffe, die heteromorph (verschiedenförmig), d. h. in verschiedenen Krystallsystemen (zweiformig oder dimorph und dreiformig oder trimorph) krystallisieren, zeigen in ihren verschiedenen Krystallformen auch verschiedene physikalische Eigenschaften; sie haben verschiedene Härte, verschiedenes Lichtbrechungsvermögen und verschiedenes specifisches Gewicht. So sehen wir beispielsweise den Kohlenstoff als Diamant bei einem specifischen Gewichte von 3,55 regulär, d. h. in einer Form krystallisieren, die sich auf drei gleichwertige und unter rechten Winkeln gekreuzte Achsen bezieht, während derselbe Grundstoff als Graphit ein specifisches Gewicht von nur 2,3 hat und hexagonal krystallisiert. Diese Beweglichkeit des Gestaltungsvermögens unbeschadet der ihm zu Grunde liegenden Gesetzmäßigkeit, die man ohne weiters als eine mathematische bezeichnen kann (wie überhaupt in allen Naturgesetzen der mathematische Begriff als der einfachste, genaueste und unfehlbarste stets mehr oder minder in die Augen springend zum Ausdrucke kommt), finden wir auch in der organischen Natur als eine der bezeichnendsten Eigentümlichkeiten der Lebensthätigkeit. Es giebt auch zahlreiche organische Verbindungen, die, obgleich ihre chemische Zusammensetzung ganz gleiche Anteile der verschiedenen sie bildenden Grundstoffe aufweist, im Aufbau ihrer Moleküle doch einen Unterschied zeigen, und die in verschiedenen Systemen krystallisieren. Je nach dem System der Krystallbildung zeigen die Krystalle auch ein verschiedenes Verhalten gegen physikalische Einflüsse, wie Licht, Wärme und Elektricität. Namentlich gestattet ihr Verhalten mit Bezug auf das Licht oder, mit andern Worten ausgedrückt, auf die Eigentümlichkeit ihrer optischen Eigenschaften einen so sicheren Rückschluß auf das System, welchem sie angehören, daß man dieses ohne weiteres nach ihrem optischen Verhalten bestimmen kann, falls die geometrische Bestimmung zu große Schwierigkeiten verursacht.

Von jener starren Gesetzmäßigkeit, wie man sie sich mit dem Begriffe der leblosen Natur gewöhnlich verbunden denkt, kann bei der Krystallbildung, die wir die Mechanik des Mineralreiches nennen möchten, nicht die Rede sein. Je nach den äußeren Einflüssen bilden sich neben den sogenannten Holoëdern, d. h. jenen Krystallen, welche die ihrem System entsprechende volle Flächenzahl aufweisen, auch solche, die nur halb so viel Flächen (bei gleicher Lage derselben) bilden als jene (Hemiëder oder Halbflächner genannt); im weiteren finden wir zwei- und mehrfach zusammengesetzte Krystallformen (Zwillingskrystalle), und bei manchen erscheinen die Ecken abgestutzt oder mit Pyramiden besetzt. Aendern sich während der Krystallbildung die Verhältnisse, z. B. die Temperatur oder die Menge des Bildungsstoffes, so wechseln manche Krystalle die Bildungsform und gehen in eine andere über. Dies gilt beispielsweise von Feld- und Kalkspat; der erstere krystallisiert entweder im monoklinen oder im triklinen*) System, obgleich die chemische Zusammensetzung die gleiche bleibt, letztere zeichnet sich besonders durch die Mannigfaltigkeit seiner Krystallformen aus, deren man bis jetzt mehr als 250 kennt. Krystalle dieser Art beginnen ihr Wachstum als Hemiëder (Halbflächner) und bilden sich später bei geänderten Verhältnissen zu Prismen aus. Auch auf künstlichem Wege lassen sich Krystallformen willkürlich hervorrufen, und man muß dabei unwillkürlich an die Experimente der Tierzüchter und Gärtner denken, welche natürliche Arten von Tieren und Pflanzen in mannigfachster Weise umzumodeln wissen. Noch sei bemerkt, daß die Krystalle eine Lebensfähigkeit besitzen, die, was ihre Dauer anbetrifft, von keinem Lebewesen der organischen Natur auch nur annähernd erreicht wird. Solange Nahrungsstoff vorhanden ist, wachsen die Krystalle immer weiter. Wird

---

*) Monoklin nennt man ein Krystall-System, das auf zwei einander schiefwinkelig kreuzenden Achsen von verschiedener Lage beruht, auf denen eine dritte im rechten Winkel steht; im triklinen oder asymmetrischen System kreuzen sich drei ungleich lange Achsen in schiefen Winkeln, und das Ebenmaß der sich gegenüberstehenden Flächen erscheint hier mehr oder weniger aufgehoben.

ihre Lebensthätigkeit durch Mangel an Bildungsstoff unterbrochen, so können sie während ungemessener Zeit im Ruhezustand verharren, um, sobald man sie wieder in die Mutterlauge bringt, aufs neue ihren Entwickelungsgang aufzunehmen. Selbst in der Lösung eines Stoffes, der seinem ursprünglichen Bildungsstoffe nicht gleich, sondern nur ähnlich ist, vermag der Krystall seinen Bildungsprozeß wieder aufzunehmen, und dieses Experiment kann auch noch in einer weiteren Lösung fortgesetzt werden. Ein sehr interessantes Experiment, das der bekannte naturwissenschaftliche Schriftsteller Ernst Krause (populär geworden unter dem Anagramm seines Namens „Carus Sterne" als „Kampf ums Dasein unter den Krystallen" bezeichnet, läßt sich mit Schwefelkrystallen ausführen, die sich in verschiedenen Systemen gebildet haben. Es giebt eine oktaëdrische (achtflächige) und eine prismatische Krystallform des Schwefels. Bringt man nun in eine übersättigte Lösung von Schwefel in Benzol zwei Schwefelkrystalle, deren jedes einer anderen der eben genannten Krystallformen angehört, so werden sich in der Nähe des prismatischen Krystalles lauter Prismen, in der Umgebung des oktaëdrischen dagegen lauter Oktaëder bilden, bis der Krystallisationsprozeß soweit vorgeschritten ist, daß die beiderseitigen Formationen aneinander stoßen. Sobald das aber geschehen ist, gewinnt die prismatische Krystallform die Oberhand, und die oktaëdrische wird vollständig unterdrückt.



Darwin.
Nach einer Photographie.

Wir haben dieses Lebensbild aus dem Mineralreiche hier eingeschaltet, weil es dem Unkundigen einen ganz neuen Einblick in das Naturleben eröffnet und zeigt, wie auch in der unbelebten Natur jenes lebendige Bildungsstreben des Stoffes vorhanden ist, das man so lange als ausschließliche Eigentümlichkeit der organischen Welt angesehen hat. Hier ist die Brücke gefunden, die die anorganische mit der organischen Welt verbindet und — wenigstens nach der einen Richtung des gemeinsamen Merkmales innerer und selbständiger Bewegung hin — die Einheitlichkeit in der Natur erkennen läßt.

Aber noch viel mehr ist die Erkenntnis dieser Einheitlichkeit gefördert worden durch eine Anschauungsweise, die sich in der Naturwissenschaft in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts geltend gemacht und zu einem vollständigen Lehrgebäude entwickelt hat, das unter dem Namen der Abstammungs- oder Descendenzlehre zu einem Schlagwort in der wissenschaftlichen wie in der Laienwelt geworden ist.

Diese Lehre ist durch den Engländer Karl Darwin (1809—1882) insofern begründet worden, als zwar verwandte Anschauungen schon früher von einzelnen Gelehrten vertreten, von keinem aber in so gründlicher Weise behandelt und so überzeugend zum Ausdrucke gebracht worden sind, wie von dem eben Genannten. Nachdem Darwin seine Studien vollendet hatte, ging er als Begleiter einer Expedition des Kapitäns Fitzroy im Jahre 1831 auf Reisen und sammelte während seiner fast fünfjährigen Abwesenheit — während der er Brasilien, die Magelhaensstraße, die Westküste Südamerikas und die Inselwelt des Großen Oceans besucht hatte — ein außerordentlich reiches Material, das seinem ebenso emsigen als gewissenhaften Forscherfleiße Gelegenheit zu den verschieden-

artigsten und gründlichsten Beobachtungen bot. Im Herbst 1836 nach England zurückgekehrt, widmete er sich fortan nur der Forschung und dem Studium, wußte aus den geringfügigsten Vorgängen in der Natur, die von tausend anderen Gelehrten und Ungelehrten völlig unbeachtet blieben, die interessantesten wissenschaftlichen Erfahrungen zu ziehen und gelangte so zu den Grundlagen seiner Abstammungslehre, die nach ihm den Namen Darwinismus erhalten hat. Darwin verließ die reizende ländliche Einsamkeit, in die er sich seit 1842 auf seinem Gute Down bei Beckenham zurückgezogen hatte, nicht wieder; die Oeffentlichkeit bekam von ihm nur durch seine Werke zu hören, die selbst in der wissenschaftlichen Welt nur allmählich zur Geltung kamen. Um so mehr Zeit und Sammlung blieb ihm für das Studium der Natur, dem er sich auf seinem Grund und Boden nicht nur als Gelehrter, sondern auch als Landwirt, Gärtner und Tierzüchter widmete, mit unermüdlichem, wohlbedächtigem Fleiße alles beobachtend, was ihm bemerkenswert erschien, alles sammelnd und für die Verfolgung seiner Naturstudien ausnützend. Sein wichtigstes und epochemachendes Werk über die Entstehung der Arten lag jahrelang im Entwurf auf seinem Schreibtische, bevor er sich (1858) entschloß, dasselbe zu veröffentlichen, und auch dieser Entschluß erfolgte nur unter dem Drange der Umstände, da ein anderer englischer Gelehrter, Alfred Wallace, selbständig auf denselben Gedanken verfallen war, der auch die Grundlage der Darwinschen Anschauung bildet. Zu diesem Gedanken hatte Darwin schon während seiner Reisen in Südamerika die erste Anregung empfangen. Während bis dahin die Annahme allgemein herrschend war, daß die Tier- und Pflanzenarten in ihren Hauptmerkmalen unverändert bleiben, die Eigenschaften der Eltern also von Generation zu Generation auf die Nachkommen weiter vererbt werden, war Darwin durch seine Beobachtungen zu der Ueberzeugung gekommen, daß bei der üblichen Einteilung der verschiedenen Tierarten viel Unklares und Unsicheres mit unterlaufe. Er fand, daß im Tier- wie im Pflanzenreiche der Artenbegriff, auf eine mehr oder weniger ausgedehnte Reihe von Generationen bezogen, nicht unveränderlich feststehe, sondern infolge zahlreicher Abweichungen der Einzelwesen von der Form und sonstigen Eigenschaften der theoretisch festgestellten Art Abänderungen erleide, die zur Bildung von Varietäten führen. Greift der Pflanzen- oder Tierzüchter zweckbewußt in diese Neigung zur Veränderlichkeit ein, so kann er willkürlich solche Varietäten hervorbringen und in den Nachkommen nicht nur erhalten, sondern auch steigern und vervielfältigen. Was aber der Züchter um der Liebhaberei oder eines Sonderzweckes wegen durch solche Eingriffe zu stande bringt, das wird im Naturleben durch die „Zuchtwahl“ bewerkstelligt, die hier nicht ein Werk der Willkür, sondern eine durch den Kampf ums Dasein bedingte Notwendigkeit ist. Die bei den Nachkommen eintretenden Abweichungen vom elterlichen Typus können gleichgiltiger Natur und in diesem Falle durch Umstände verursacht sein, die in keinem Zusammenhang mit den Lebensbedingungen und Lebensbedürfnissen des betreffenden Einzelwesens oder seiner Art stehen; sie können aber auch von nachteiligem Einflusse auf das Dasein des betreffenden Einzelwesens sein, und in diesem Falle erschweren sie demselben die Existenz und verursachen seinen eigenen oder den Untergang seiner Nachkommenschaft, womit die schädliche Abweichung von selbst wieder aus der Welt geschafft wird. Endlich können diese Abweichungen auch von solcher Art sein, daß sie dem damit behafteten Individuum im Kampfe ums Dasein zum Vorteil gereichen, und in diesem Falle wird die Uebertragung der Abweichung auf die Nachkommenschaft auch dieser nützlich werden und ihr das Uebergewicht über andere Wesen der gleichen Art verschaffen, so daß eine auf diese Art entstandene, bevorzugte Spielart dauernd erhalten bleiben und sich noch weiter in vorteilhafter Weise ausgestalten kann, während die minder begünstigten Wesen der gleichen Art allmählich aussterben, an Stelle der ursprünglichen Art somit die Spielart treten kann. Der Kampf ums Dasein ist nichts anderes als eine Ausgleichung zwischen der Fortpflanzungsziffer einer Tier- oder Pflanzenart einerseits und dem Raume und der Nahrungsmenge andererseits, die zur Lebensführung und Erhaltung der betreffenden Art notwendig sind. Es ist klar, daß dieser Ausgleich nur auf Kosten der für den Daseinskampf minder gut ausgerüsteten Einzelwesen der betreffenden

Art stattfinden kann, da die besser ausgerüsteten notwendig das Uebergewicht erlangen und die schwächere Konkurrenz verdrängen müssen. Die natürliche Zuchtwahl wird daher — zielbewußt oder nicht — darauf hinwirken müssen, diejenigen Eigenschaften, durch die sich die begünstigten Individuen von den nichtbegünstigten unterscheiden, auf die Nachkommen zu vererben. Da aber die Arten nicht nur untereinander, sondern auch gegen andere Arten in fortwährendem Daseinskampfe begriffen sind, so fallen auch solche abweichenden Eigenschaften ins Gewicht, die als Schutz- oder Abwehrmittel den feindlichen Arten gegenüber dienen können. Endlich ist auch noch der Daseinskampf gegen die Natur, d. h. gegen die Ungunst der Lebensbedingungen, die diese darbietet, in Betracht zu ziehen. Es können klimatische Veränderungen oder elementare Katastrophen eintreten, die plötzlich oder allmählich die räumlichen oder Nahrungsverhältnisse der Lebewelt eines bestimmten Gebietes in nachteiliger Weise verändern. In diesem Falle werden Eigenschaften, die den betreffenden Tieren oder Pflanzen eine größere Widerstandsfähigkeit verleihen oder solche, die sie zur Auswanderung befähigen, von höchstem Einflusse auf die ferneren Entwickelungsverhältnisse der Fauna und Flora*) des betreffenden Gebietes sein. Nur solche Individuen und deren Nachkommen, die im obenerwähnten Sinne für den Daseinskampf ausgerüstet sind, werden diesen mit Erfolg aufnehmen und durchführen können, während die übrigen dem Untergange geweiht sind.

Es liegt auf der Hand, daß die Erlangung solcher den Daseinskampf begünstigenden Eigenschaften nicht von bloßen Zufälligkeiten abhängig sein kann, daß dieselbe vielmehr das Ergebnis von Umständen sein muß, die in ursächlichem Zusammenhange mit dem Daseinskampfe selbst stehen. Der Organismus, der den verschiedenartigsten Einflüssen der Außenwelt preisgegeben ist, reagiert naturgemäß gegen diese Einflüsse in gleichem Maße, wie diese auf ihn einwirken; das Ueberwiegen der äußeren Einflüsse über seine Reaktionskraft muß notwendig seinen Untergang herbeiführen. Für die Lebensfähigkeit eines Organismus ist es daher eine selbstverständliche Vorbedingung, daß er in allen seinen Teilen mit der nötigen Widerstandsfähigkeit gegen die äußeren Einflüsse ausgestattet, denselben „angepaßt" ist. In ihrer ursprünglichen Zusammensetzung ist die Natur der einzelnen Bestandteile des Organismus ein Erbteil der Vorfahren; die Ausgestaltung dieser letzteren ist dagegen das Ergebnis der Anpassung an die äußeren Einflüsse, deren Veränderung auch eine veränderte Richtung der Anpassung oder — falls diese nicht eintritt — den Untergang des Organismus zur notwendigen Folge hat. Das Bedürfnis der Anpassung ist es vorwiegend, das die Abweichung von den ererbten Eigenschaften, die Veränderlichkeit der Art, mit sich bringt. Bei einer gewissen Beständigkeit der äußeren Einflüsse kann sich die Anpassung auf die Funktionen der Organe beschränken; da aber schon die Art der Funktion eine Rückwirkung auf das Organ selbst äußert (wir erinnern hier nur an die stark ausgebildeten Beinmuskeln der Tänzerinnen, die außer jedem Verhältnis zur Entwickelung ihrer Armmuskeln stehen), so tritt schließlich eine Veränderung der Organe selbst ein, und auch andere Organe können dadurch beeinflußt werden. Solche Organveränderungen können sich auf die Nachkommen vererben, und diese Vererbung wird begünstigt durch die Vorteile, die die bezüglichen Anpassungsformen den damit Ausgerüsteten im Daseinskampfe gewähren. Dauern aber die äußeren Einflüsse, durch die jene Anpassungsformen hervorgerufen wurden, noch weiter fort, oder steigern sie sich gar, so wird bei den Nachkommen eine Fortentwickelung dieser Formen eintreten, und dadurch werden immer umfangreichere Veränderungen am einzelnen Organ sowohl als auch am gesamten Organismus eintreten. Wir sehen hier also zwei ihrer Natur nach grundverschiedene Faktoren auf die Entwickelung der organischen Welt einwirken: die Vererbung, durch die die ererbten Eigenschaften sich auf das kommende Geschlecht fortpflanzen, und die Anpassung, die neue, für den Daseinskampf zweckdienliche Eigenschaften hervorbringt. Die Vererbung ist gleichsam der Stillstand, die Anpassung der Fortschritt in der Natur, jene die Ruhe,

*) Fauna s. v. w. Tierwelt, Flora s. v. w. Pflanzenwelt.

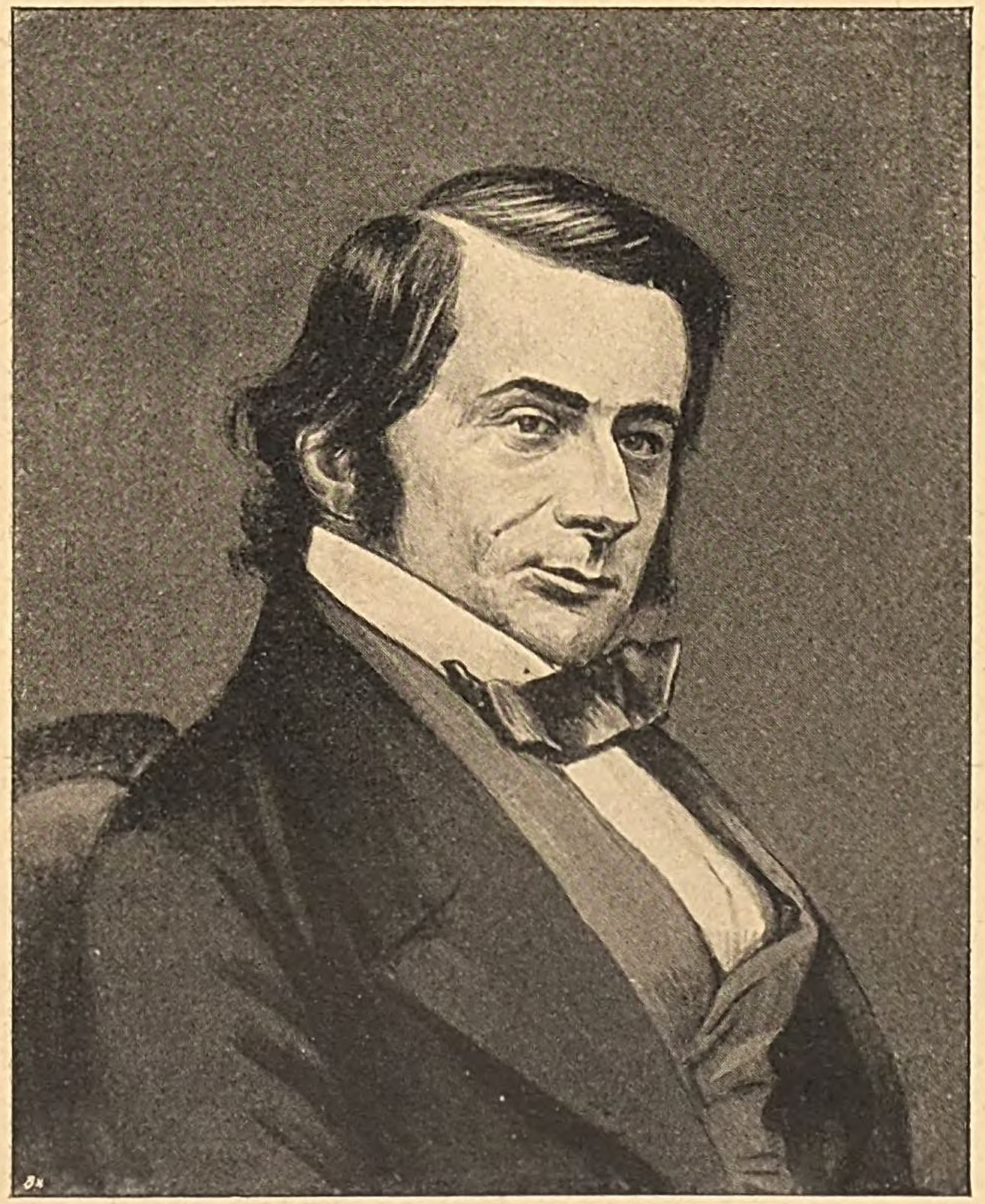
diese die Bewegung. Die naturgemäße Folge dieses Verhältnisses ist, daß die Wirksamkeit der Vererbung von Geschlecht zu Geschlecht abnimmt, jene der Anpassung dagegen immer zunimmt. Sind erst einzelne Organe durch die Anpassung verändert, so werden ganze Organgruppen folgen und endlich der ganze Organismus bis in seine kleinsten Bestandteile verändert sein. Bei solchen Organen, die für die Lebensthätigkeit des Gesamtorganismus wenig in Frage kommen, wird die Vererbung länger ihr Recht behaupten als bei solchen, die am Kampf ums Dasein einen regen Anteil nehmen. Organe, die infolge veränderter Lebensbedingungen außer Gebrauch gesetzt werden, verkümmern und verschwinden allmählich ganz, wie z. B. die Augen solcher Tiere, die der Daseinskampf in lichtlose Abgründe zurückgedrängt hat, oder die Flügel von Insekten oder Vögeln, denen diese durch die Natur ihrer Lebensverhältnisse entbehrlich oder sogar schädlich geworden sind (so beispielsweise den Insekten auf kleinen Inseln, die während des Fluges vom Wind erfaßt und ins Meer hinausgetragen werden, wo sie natürlich zu Grunde gehen müssen).

Wir werden im weiteren Verlaufe unserer Betrachtungen sehen, daß sich die Lebensbedingungen der Tier- und Pflanzenwelt auf unserem Planeten während des über viele Jahrmillionen sich erstreckenden Entwickelungsganges desselben vielfach und in einschneidendster Weise verändert haben. Wir werden ein Zeitalter kennen lernen, in welchem Pflanzen und Tiere auf der Erde überhaupt nicht existieren konnten. In einem späteren Zeitalter waren bloß die Lebensbedingungen für die allerniedrigsten Arten der Pflanzen- und Tierwelt geboten und erst allmählich bildeten sich auf der Erdoberfläche jene atmosphärischen, klimatischen und geologischen Verhältnisse heraus, die das Bestehen höherer Pflanzen- und Tiertypen und deren Entwickelung zu immer vollkommeneren Arten ermöglichten. Die Entwickelungsgeschichte der organischen Natur ist in ihren Ueberresten aus allen Zeitaltern in den Gesteinsmassen, über die unser Fuß hinwandelt, gleichsam wie in einem Archiv niedergelegt, und wir schöpfen aus ihr umfassende und zuverlässige Kunde von dem allmählichen Auftreten der stufenweisen Entwickelung der Lebewelt. Wie schon weiter oben erwähnt, hat die ältere, von den biblischen Vorstellungen befangene Schule nicht an einen geschlossenen Entwickelungsgang der organischen Welt von allem Anfange her bis in die Gegenwart gedacht, sondern, nachdem die geologische Wissenschaft überhaupt das erste Licht auf dieses Gebiet geworfen hatte, die biblischen Schöpfungstage durch ebensoviele Zeitalter zu ersetzen gesucht, deren jedes durch einen besonderen Schöpfungsakt eröffnet und durch eine alles Leben wieder vernichtende Katastrophe abgeschlossen wurde. Die Darwinsche Descendenzlehre, die



Ernst Häckel
auf der Forschungsreise in Ceylon (1881).
Nach einer Photographie.

schon in Lyell u. A. ihre Pioniere gefunden hatte, versetzte dieser Anschauungsweise den Todesstoß; durch sie ist erst eine einheitliche Weltanschauung ins Leben gerufen worden. Die letzte notwendige Konsequenz dieser Anschauung ist die Annahme, daß alle jetzt bestehenden Pflanzen- und Tierarten auf eine niedrigste Entwickelungsform zurückzuführen sind (Darwin nahm ursprünglich deren einige an); natürlich ist auch der Mensch in diese geschlossene Entwickelungsreihe mit inbegriffen. Schon Linné, der noch vollständig auf dem Boden der biblischen Vorstellungsweise stand, hatte ihm seine Stelle an der Spitze der Säugetiere angewiesen und ihm in seinem System den Affen zu seinem nächsten Nachbar gegeben; aber von einem verwandtschaftlichen Verhältnis zwischen den beiden war bei ihm nicht die Rede, er dachte sich vielmehr den Menschen ebensowohl wie sein vierhändiges Zerrbild als unmittelbar aus der Hand des Schöpfers hervorgegangen. Nach Darwinscher Anschauung ist nun allerdings auch nur eine Entwickelungsverwandtschaft zwischen diesen beiden Species vorhanden, deren Abzweigungspunkt in ein Zeitalter fällt, in welchem es weder Menschen noch Affen gab; trotzdem aber wurde gerade die Abstammung des Menschen vom Affen zu einem Haupttrumpf, den die Gegner des Darwinismus gegen diesen ausspielten.



Thomas Huxley.

Oskar Schmidt weist in seinem Werke „Descendenzlehre und Darwinismus“ die spottweise Bezeichnung der Abstammungslehre als „Affentheorie“ und die damit verbundenen Angriffe auf dieselbe in folgender Weise zurück: „Der Abstand zwischen den niederen und den höheren Affen ist weit größer als zwischen letzteren und dem Menschen, und wenn über die Blutsverwandtschaft der gesamten Affenheit nach darwinistischer Anschauung entschieden ist, so kann um so weniger über den verwandtschaftlichen Zusammenhang der altweltlichen Affen mit dem Menschen ein Zweifel sein. Die Form des fertigen Schädels und des Gebisses, um diese Organe hervorzuheben, lassen aber den Gedanken garnicht aufkommen, daß der Mensch seine unmittelbaren Ahnen unter den jetzt lebenden Affen hätte. Der wohlfeile, mit vielem Behagen vorgebrachte Witz, warum man denn nicht das interessante Schauspiel der Umwandlung des Schimpansen in einen Menschen, oder des Menschen rückwärts durch Verkümmerung in einen Orang vor sich gehen sähe, zeugt von nichts als der gröbsten Unwissenheit in Angelegenheit der Descendenzlehre. So wenig als einer dieser Affen zum Zustande seiner Urvorfahren zurückkehrt, weil er sich seiner erworbenen und durch die Vererbung fixierten Eigenschaften nicht entäußern kann, sei es denn auf dem Wege der Verkümmerung — womit nichts weniger als ein Urzustand erlangt wird, — ebenso wenig kann er über sich hinaus zum Menschen werden;

denn der Mensch liegt eben nicht in gerader Entwickelungsrichtung vor ihm. Die Entwickelung der menschenähnlichen Affen hat einen Gang genommen, abseits von den nächsten menschlichen Vorfahren, und der Mensch kann ebensowenig sich in einen Gorilla umformen, als ein Eichhörnchen sich in eine Ratte verwandeln wird. Der Affenverwandtschaft des Menschen wird daher kein Eintrag gethan durch die bestialische Stärke des Gebisses des ausgewachsenen männlichen Orangs oder Gorillas, durch die Leisten und Auftreibungen an den Schädeln dieser Tiere. . . . Indem die Descendenzlehre einen gemeinschaftlichen Ursprung des Menschen und der menschenähnlichen Affen in logischer Schlußfolgerung fordert, weist sie die unverständige Forderung nach Zwischenformen zwischen Mensch und Gorilla zurück. Was vielleicht künftige Zeiten noch entdecken, sind Zwischenformen, welche zu der gemeinschaftlichen Ausgangsform der heutigen Affen und des Menschen zurückgehen."

Dem vielfach gegen die Anwendung der Abstammungslehre auf den Menschen erhobenen Einwurfe, daß die menschliche Geistesthätigkeit und deren Organ, das Gehirn, einen unüberwindbaren Gegensatz zwischen Mensch und Tier darstellen, tritt Schmidt mit dem Hinweis auf die Thatsache entgegen, daß das Gewicht eines, nach seiner Stammesweise noch normal fungierenden Buschmannweibes 872 g betrug, wogegen Cuviers Gehirn 1629 g wog, und daß andererseits das Gehirn eines Gorilla nach dem Fassungsvermögen des Schädels auf etwa 563 g geschätzt werden kann; besteht also zwischen der Gehirnmasse eines hoch entwickelten und der eines tiefstehenden Menschen das Verhältnis von 1,874 : 1, so stehen diesem die Verhältniszahlen 1,6 : 1 für das Gewichtsverhältnis zwischen niedrig entwickeltem Menschen- und hochentwickeltem Affengehirn gegenüber, die für das letztere ungünstiger sind, als die vorher für die beiden Extreme von menschlichen Gehirnen angegebenen. Die Entwickelung der menschlichen Geistesthätigkeit und ihres Ursprunges, der Sprache, ist nicht eine dem Menschen eigens zur Unterscheidung vom Tiere verliehene und von Anfang her anhaftende Eigentümlichkeit, sondern das Ergebnis einer durch Jahrtausende fortgesetzten Anpassung. „Die Seele des neugeborenen Kindes ist in ihren Aeußerungen von der des jungen Tieres garnicht verschieden; ihre Aeußerungen sind Funktionen des kindlichen Nervensystemes; mit diesem wachsen sie und entwickeln sich zugleich mit der Sprache. Die Stufe, bis wohin im Allgemeinen die Entwickelung steigt, ist von den vorausgegangenen Generationen abhängig. Die Seelenfähigkeiten jedes Individuums tragen den Stammestypus an sich und sind durch die Gesetze der Vererbung bestimmt. Denn es ist einfach nicht wahr, daß unabhängig von Farbe und Abstammung jeder Mensch unter übrigens gleichen Bedingungen eine gleiche Höhe der geistigen Entwickelung erreichen könne." Die auf niedrigster Geistesstufe stehenden Menschen unterscheiden sich in dieser Hinsicht unendlich viel mehr von den geistig höchst entwickelten Individuen ihrer eigenen Art, als von den menschenähnlichen Affen.

Die Darwinsche Lehre wurde von dem Jenenser Professor Ernst Häckel weiter ausgebaut, der zuerst Stammbäume für die Entwickelung der Pflanzen- und Tierwelt aufstellte und die Ahnenreihe des Menschen bis auf ein niedrigstes, gehirnloses, fischähnliches Wirbeltier zurückführte, das er in das Zeitalter der ältesten Versteinerungen führenden Bildungen der Erdrinde zurückverlegt. Darwin hat die Häckelsche Auffassung vielfach zu der seinigen gemacht, und in seinem 1871 erschienenen Werke über die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl sich für einen gemeinsamen Ursprung des Menschen und der schmalnasigen (oder echten) Affen erklärt.

Es ist eine natürliche Folge der von den beiden Faktoren der Vererbung und Anpassung geleiteten Entwickelung, daß diese, wenn auch in abgekürzter Weise, im Einzelwesen den gleichen Gang verfolgt wie in der gesamten Entwickelungsreihe der Organismen; denn da auch alles Angepaßte sich fortvererbt, so müssen dessen Spuren sich im Verlaufe des Entwickelungsganges des einzelnen Individuums wiederfinden. Häckel hat gleichzeitig mit dem Naturforscher Fritz Müller (geb. 1821) das Gesetzliche dieser Thatsache erkannt und durch Beobachtungen festgestellt. Man faßt es unter der Bezeichnung „Biogenetisches Grundgesetz" zusammen. Nach diesem Gesetze macht ein Organismus im Verlaufe seines

individuellen Entwickelungsganges, der als „Ontogenie" bezeichnet wird, in abgekürzter und teilweise modifizierter Weise dieselben Entwickelungsstufen durch, die im Laufe der Zeiten von seinen Vorfahren zurückgelegt worden sind, es wiederholt sich also in ihm die Entwickelungsgeschichte („Phylogenie") seiner Ahnenreihe.

Außer den eben Genannten haben sich von deutschen Gelehrten besonders Karl Vogt (1817—1895) und Oskar Schmidt (1823—1886) um den weiteren Ausbau der Darwinschen Lehre verdient gemacht und durch ihre Schriften die Verbreitung derselben in weiteren Kreisen gefördert. Von den Landsleuten Darwins ist hier Alfred Russell Wallace (geb. 1822) zu nennen, der 1858 eine Abhandlung über die Veränderung der Arten im Sinne der Entwickelungstheorie verfaßte und dadurch, wie schon oben erwähnt, Darwin zur Veröffentlichung seiner seit Jahrzehnten vorbereiteten und seither weltberühmt gewordenen Arbeit veranlaßte; ferner Thomas Huxley (1825—1895), dessen 1863 zu London erschienene Schrift „Die Stellung des Menschen in der Natur" großes Aufsehen erregte. Huxley suchte namentlich das Abstammungsverhältnis zwischen Mensch und Affe dadurch zu erhärten, daß er den Nachweis führte, daß die Verschiedenheiten im Bau des Gorilla und Schimpansen einerseits und jenem des Menschen andererseits nicht so groß seien, wie diejenigen, die diese beiden Affenarten von der niedrigsten Species ihrer Ordnung unterscheiden. Seine in volkstümlichem Geiste gehaltenen zahlreichen Schriften haben viel zur Ausbildung einer freien und naturgemäßen Weltanschauung beigetragen.

Die einheitliche Weltanschauung, die mit dem Aufkommen des Darwinismus in die Naturwissenschaft eingeführt worden ist, hat auch nach einer anderen Richtung hin zu einem wichtigen Fortschritte der menschlichen Erkenntnis geführt: an Stelle der dualistischen Ansicht, nach welcher Materie und Geist als zwei ganz verschiedene Substanzen angesehen werden, hat sich die monistische*) Ansicht mehr und mehr eingebürgert, nach der alle Erscheinungen im Weltall auf ein einziges Prinzip zurückgeführt werden. Während die materialistische Philosophie alle Bewegungserscheinungen des Lebens gleich den übrigen Bewegungserscheinungen in der Natur als Wirkungen oder Produkte der Materie, des Stoffes ansieht, die spiritualistische Philosophie umgekehrt behauptet, daß die Materie nichts anderes als das Produkt der bewegenden Kraft sei und daß alle materiellen Formen durch Kräfte hervorgebracht seien, die von der Materie völlig unabhängig sind, kann sich der moderne Monismus die Kraft ohne Materie ebensowenig wie die Materie ohne Kraft vorstellen, eine Anschauung, die — beiläufig bemerkt — auch schon von Goethe vertreten wurde. Der monistische Gedanke verbindet die getrennten Begriffe von Kraft und Stoff zu einem unzertrennlichen Ganzen.

Durch die Entwickelungslehre ist der Aufbau der Entwickelungsgeschichte der Natur zu seiner Vollendung gelangt; mit ihr ist auch der weitblickende Standpunkt der modernen Wissenschaft gewonnen, deren Entwickelung wir im Vorhergegangenen in großen Zügen darzustellen versucht haben. Wir wenden uns jetzt unserer eigentlichen Aufgabe, der Vorführung der Entwickelungsgeschichte der Natur zu, die wir in den folgenden Abschnitten in jener zeitlichen Aufeinanderfolge entrollen wollen, in der unsere Erde die betreffenden Entwickelungsstadien durchlaufen hat.

*) Monismus, monistisch, vom griechischen „monos" (allein, einzig) hergeleitet, s. v. w. einheitliche Weltanschauung und was auf diese Bezug hat.



Erstes Kapitel.

Die Nebelflecke.

Wenn wir bei ruhiger See und wolkenlosem Himmel eine Meeresfahrt machen, so gewinnen wir von den Raumverhältnissen, die uns umgeben, wohl einen großartigen, aber keineswegs einen überwältigenden Eindruck. Die scharfe Abgrenzung des Meeresspiegels durch die Kreislinie des scheinbaren Horizontes wirkt vielmehr einschränkend, fast beengend, und das blaue Himmelsgewölbe scheint uns gleich einer großen Glasglocke zu umfangen. Erst wenn sich Himmel und Meer beim Neigen der Sonne bunter färben, so daß für das Raummaß mehr Anhalts- und Zwischenpunkte entstehen, erweitern sich Himmel und Meer, und der Eindruck wird immer großartiger und gewaltiger. Die höchste Steigerung erreicht er jedoch, wenn die dunkle Nacht hereingebrochen, das Himmelsgewölbe als solches völlig verschwunden ist, und die zahllosen Himmelskörper frei schwebend in dem grenzenlosen Raume ausgestreut erscheinen. Die Wirkung eines solchen Sternenhimmels ist vollkommen verschieden von derjenigen, die der Anblick des uferlosen Meeres hervorbringt. Auch hier haben wir die Empfindung des Großartigen, aber nicht die des Endlosen; wir sehen eine Grenze zwischen Himmel und Meer, wenn sie auch noch so weit hinausgeschoben erscheinen mag. Der Sternenhimmel läßt uns aber keine solche Grenze erkennen; er ist an und für sich das leere, nirgends beginnende und nirgends endende Nichts, in dem ganze Welten zu Lichtfünkchen zusammenschrumpfen oder gleich den winzigen Dunsttröpfchen einer Nebelwolke zu scheinbar unkörperlichen Gebilden verschwimmen. Obgleich wir die Entfernungen mancher dieser Himmelskörper und auch die Größe einiger derselben ziffermäßig anzugeben wissen, so sind doch die Ergebnisse, zu denen unsere Rechenkünstler hierbei gelangt sind, von einer Art, daß sie nur verblüffen, aber nichts veranschaulichen können. Der Astronom weiß uns zu sagen, daß unsere Erde mit dem Sonnensystem, dem sie angehört, mit den

meisten der Sterne, die uns überhaupt einzeln sichtbar werden und mit den Millionen der Milchstraße zusammen nur eine einzelne Welteninsel im Kosmos bilden, deren größte Ausdehnung man zu zwanzig tausend Lichtjahren berechnet hat. Ein Lichtjahr, in Sekunden zerlegt, deren jede an dem Wege des Lichtstrahles eine zurückgelegte Strecke von vierzigtausend Meilen markiert, zeigt uns schon über $31^1/_2$ Millionen solcher Meilensteine, deren jeder das Vierzigtausendfache des Maßes einer Erdmeile angiebt, so daß die Strecke, die der Lichtstrahl in einem Jahre zurücklegt, über $1^1/_4$ Billionen Meilen beträgt. Das Zwanzigtausendfache dieser Meilenzahl — rund 25 000 Billionen — wäre danach das Maß der größten Ausdehnung unseres von der Milchstraße umsäumten Weltsystems, das aber nur ein einzelner Teil des Kosmos ist. Was sollen wir mit diesen Zahlen? Zahlen sind überhaupt nur der formale Ausdruck für bestimmte Größenverhältnisse im Raum und in der Zeit, und Raum und Zeit sind wieder nichts anderes als Grundformen unserer Anschauung, die nur dadurch begrifflichen Wert erhalten, daß sie sich auf bestimmte Verhältnisse der Körper- oder Gedankenwelt beziehen. Eine Vorstellung von Zahlen können wir uns nur bilden durch unmittelbare sinnliche oder geistige Anschauung von Gegenständen, durch die sie vertreten sind, wie beispielsweise die Vorstellung der Zahl Drei durch den Anblick der drei Zinken einer Gabel oder durch die Vorstellung des dreiköpfigen Höllenhundes Cerberus in uns erweckt wird. Eine Vorstellung von Größen gewinnen wir nur durch Vergleichung derselben mit anderen bekannten Größen; das bloße Abmessen einer räumlichen oder zeitlichen Größe giebt uns noch keine anschauliche Vorstellung von derselben, wenn nicht ihr Maß selbst als receptive (durch Anschauung aufgenommene) Vorstellung sich unserem Gedächtnis fest eingeprägt hat. Nun wissen wir aber aus Erfahrung, wie beschränkt unser Receptionsvermögen in Bezug auf Zahlen und Größen ist; kaum vermögen wir ein Dutzend regellos hingestreuter Punkte mit einem Blicke zu umfassen und ihren Zahlenwert zu erkennen, oder die Länge einer Linie von etlichen Centimetern nach dem Augenmaße genau zu bestimmen. Fehlt es uns an Anhaltspunkten für den Vergleich, um mit deren Hilfe anschauliche Begriffe für Größenverhältnisse in annähernder Weise (wie etwa „faustgroß“, „baumlang“ oder „haushoch“) zu bilden, so hört überhaupt jede sinnliche Vorstellung der Zahl oder Größe an sich auf und es tritt, wenn unsere Gedanken mit derlei Größen sich zu beschäftigen haben, an Stelle der Vorstellung die Thätigkeit des mechanischen Gedächtnisses, das einfach dasjenige aufnimmt, festhält und mechanisch wiedergiebt, was bereits von anderen gedacht, als richtig erkannt und festgehalten worden ist. So stellen wir uns beispielsweise, wenn von einem Schock Eier die Rede ist, keineswegs die Zahl 60 vor, denn diese vermögen wir selbst dann nicht in einen anschaulichen Begriff umzusetzen, wenn wir die Eier in 5 Reihen zu 12 oder in 10 Reihen zu 6 Stück ordnen würden, weil auch in dieser Gestalt nicht die Zahl 60 als einheitlicher Begriff, sondern nur das vom mechanischen Gedächtnis festgehaltene Produkt aus 5 und 12 oder aus 10 und 6 zur Vorstellung kommt. Es ist eben einfach unser mechanisches Gedächtnis, das uns, ohne dabei irgend einen anschaulichen Begriff zu bilden, die Thatsache gegenwärtig hält, daß ein Schock Eier 60 Stück zählt.

Bei der Betrachtung des Sternenhimmels mag wohl Mancher an jene ungeheueren Zahlen denken, deren oben Erwähnung geschehen ist; aber eine Vorstellung davon kann sich Niemand machen. Das mechanische Gedächtnis allein ist es, das diese Zahlen aufgenommen und behalten hat, und was den Menschengeist so gewaltig erfaßt, wenn er sich in diesen Anblick vertieft, sind nicht so sehr die unbegriffenen Ziffern, als vielmehr das, was außerhalb derselben liegt. Eine Welt, an sich schon völlig unfaßbar in ihrer Größe, umgiebt ihn; aber diese Welt ist nur einer von den zahllosen Bruchteilen des Kosmos. Nicht die Ungeheuerlichkeit dessen, was wir immerhin noch zu messen, in Zahlen auszudrücken vermögen, sondern die Unermeßlichkeit des jenseits davon Liegenden ergreift uns so tief bei der Anschauung dieses Weltbildes: die Vorstellung des Unendlichen.

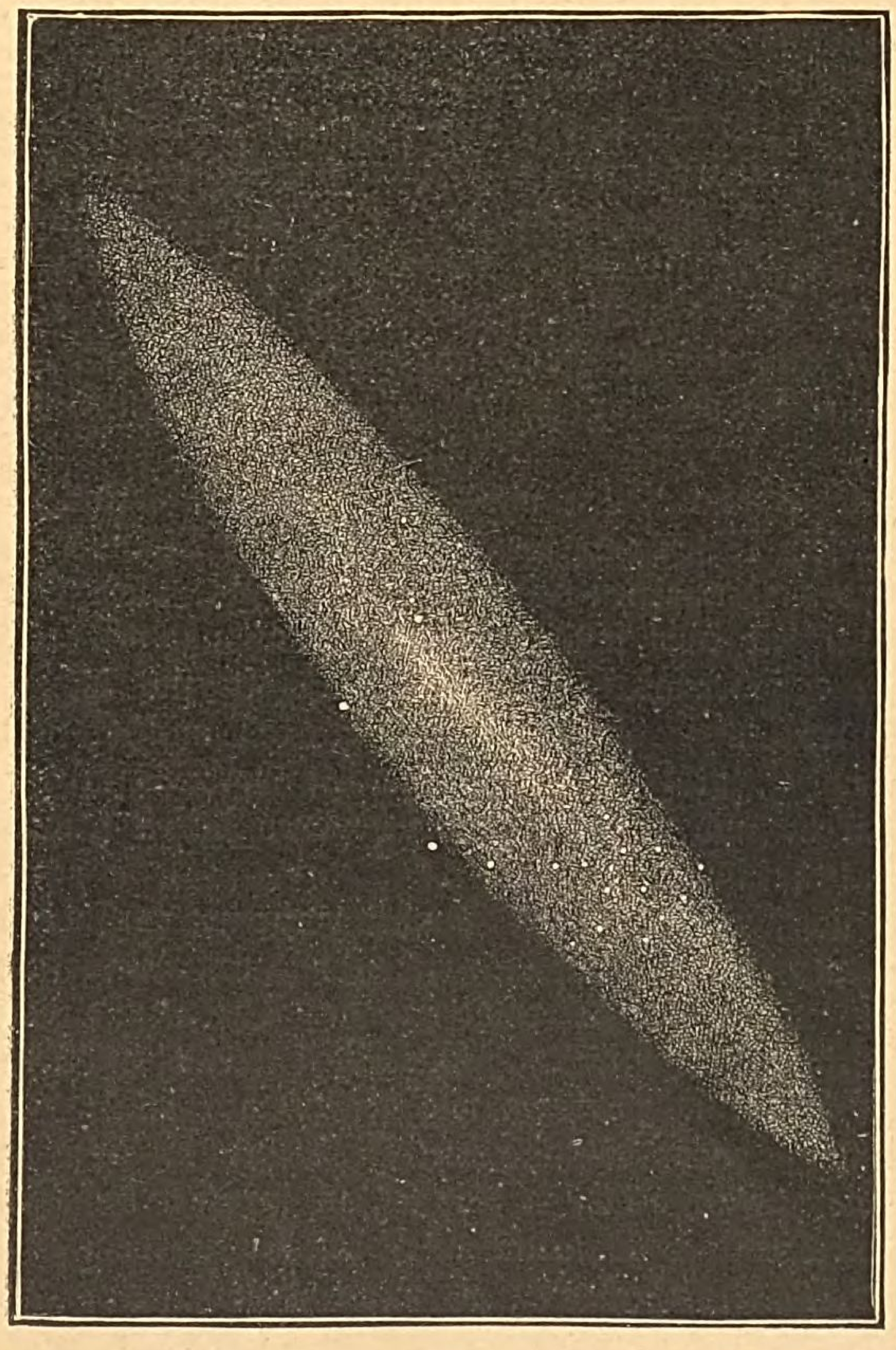
In dieser Vorstellung liegt ein nicht zu lösender Widerspruch unserer Anschauungsweise; wir können uns die Unendlichkeit von Raum und Zeit ebensowenig vorstellen wie

einen begrenzten Raum oder eine begrenzte Zeit, da dasjenige, was die Grenze bilden würde, wieder nichts anderes als Raum oder Zeit sein könnte. Da sowohl der Raum- wie der Zeitbegriff nur durch ihr Größenverhältnis zu bestimmtem Ausdruck kommen, so müssen wir notwendig der Vorstellung eines unendlichen Raumes oder einer unendlichen Zeit auch diejenige einer unendlichen Größe beigesellen; diese ist aber einfach undenkbar, weil jede Größe den mathematischen Funktionen unterliegt, folglich auch beliebig vervielfältigt oder geteilt werden kann. Durch Vervielfältigung des unendlichen Raumes würden wir aber wieder nur die gleiche Größe, d. h. den unendlichen Raum erhalten, denn, wäre das durch diese Vervielfältigung erhaltene Produkt ein größeres, dann wäre die Raumgröße, aus der wir es gewonnen haben, eben nicht unendlich groß gewesen. Ganz dasselbe gilt für die Teilung. Wir können Zeit oder Raum in noch so kleine Teile zerlegt denken, immer kann durch eine mathematische Operation der erhaltene Teil weiter in beliebige und schließlich in unendlich viele kleine Teile zerlegt werden, so daß von unendlich kleinen Teilen platterdings nicht die Rede sein kann. Es gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Philosophie, in das Verhältnis des Endlichen zum Unendlichen auch nur annähernd Klarheit zu bringen; eine wirkliche Lösung der Aufgabe ist ausgeschlossen, so lange an Stelle der Begriffe Raum und Zeit nichts anderes gesetzt werden kann. Daß die Mathematik den Begriff der unendlich großen und unendlich kleinen Zahl aufgenommen hat, ändert daran nichts, denn dieser Begriff findet seine Stelle nur in solchen mathematischen Ausdrücken, die keinen positiven Wert enthalten.

Die Naturwissenschaft hat sich mit derlei Spekulationen nicht zu befassen; sie betrachtet das ihrer Beobachtung Zugängliche und sucht sein Wesen zu erforschen, soweit ihre Erkenntnismittel dies gestatten. Wir haben in den vorangegangenen Kapiteln gesehen, wie diese Erkenntnismittel zu immer reicherer Mannigfaltigkeit und stetiger Vervollkommnung gediehen sind, und wie in gleichem Maße auch der Erfahrungsschatz der Wissenschaft sich immer vermehrt hat. Die Grenze, an der für die menschliche Erkenntnis das Weltall aufhört, ist, wie bereits im Eingange dieses Kapitels erwähnt, in Fernen hinausgerückt worden, für die wir weder Zahlen noch Vorstellung mehr haben, und aus jenen ungemessenen Tiefen senden uns die Sternnebel oder Nebelflecke ihr mattes Licht.

Der größte Teil dieser Nebelflecke, die sich über den ganzen Himmel verbreitet vorfinden, ist nur durch das Fernrohr sichtbar; nur ganz wenige kann man schon mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen, so zum Beispiel diejenigen in den Sternbildern des Orion und der Andromeda (vergl. die Sternkarte des nördlichen Himmels). Ein Teil dieser Gebilde, die sich vom dunkeln Himmel in fahlem Nebelscheine gleichsam wie abgetrennte Stücke der Milchstraße abheben, löst sich bei Beobachtung durch die stärksten Fernrohre in einzelne Sterne, sogenannte Sternhaufen auf, auf die wir im nächsten Kapitel zu sprechen kommen werden; ein anderer Teil aber behält den nebelhaften Charakter auch bei der Beobachtung durch die stärksten Teleskope bei, und diese Nebelflecke lassen unter dem Spektroskop erkennen, daß ihre Natur eine von den Sternhaufen verschiedene ist, denn ihre Spektren zeigen den Charakter derjenigen glühender Gase. Sie bestehen nur aus einzelnen hellen Linien, während die Spektren der Sternhaufen (auflösbaren Nebelflecke) das kontinuierliche Spektrum glühender fester oder feuerflüssiger Stoffe zeigen. Unsere farbige Tafel der Sternspektren enthält auch ein solches eines Nebelfleckes. Die hellste von den einzelnen Linien dieser Spektren weist in der Regel auf einen dem Stickstoffe verwandten Körper hin, während die schwächste auf Wasserstoff schließen läßt, die zwischen beiden liegende Mittelhelle aber kein bekanntes irdisches Element andeutet. Wie Edmund Weiß in dem von ihm neu bearbeiteten Littrow'schen Werke „Die Wunder des Himmels" schreibt, lagert zuweilen, wenn die Nebel deutliche Kerne haben, auch ein kontinuierliches Spektrum über dem den Nebeln eigentümlichen, zum Zeichen, daß der Kern wirklich von einem Sterne, nämlich von einem festen oder flüssigen Körper gebildet wird. Umgekehrt zeigen aber einzelne helle Linien im Spektroskop das Vorhandensein gasförmiger Nebel an, ohne daß diese selbst im Fernrohre sich zeigten. Diese Erscheinung ist z. B. im sogenannten „Trapez"

des Orionnebels beobachtet worden, jenem aus vier Sternen bestehenden Gebilde von der Form eines fast regelmäßigen Viereckes, das gewissermaßen den Kernpunkt des Nebels zu bilden scheint und auf unserer Abbildung deutlich sichtbar ist. Hier zeigt also das Spektroskop das Vorhandensein von Nebelmasse an, wo diese selbst wegen der hellen und dichten Sterne, die die Umgebung ausfüllen, im Fernrohre nicht zu erkennen ist. Zu den unauflöslichen Nebelflecken gehört unter anderem auch einer der am hellsten leuchtenden; es ist dies der bereits erwähnte Nebel im Sternbild der Andromeda. Obwohl dem bloßen Auge bereits sichtbar, ist es doch nicht gelungen, denselben selbst unter der stärksten Vergrößerung in einzelne Sterne aufzulösen, und dennoch muß aus seinem Spektrum darauf geschlossen werden, daß er nicht aus einer glühenden Gasmasse, sondern aus einer großen Zahl von bereits fester gebildeten Himmelskörpern besteht. In gewöhnlichen Fernrohren zeigt sich der Andromeda-Nebel in der in unserer nebenstehenden Abbildung wiedergegebenen Gestalt als ein langgezogenes, dem Querschnitt einer Linse vergleichbares Gebilde, das sich gegen die Mitte hin deutlich verdichtet. Wenn das Sternensystem, welchem die Sonne angehört und das von der Milchstraße wie von einem ringartigen Grenzwall umgeben wird, die ihm von vielen Astronomen zugeschriebenen Umrisse einer Linse hat, so müßte es, wie Sophus Tromholt in seiner „Reise durch den Weltenraum" schreibt, dieses Milchstraßensystem von einem hinreichend entfernten Standpunkte aus gesehen, ein ähnliches Aussehen wie der Andromeda-Nebel zeigen, wenn dieser durch Fernrohre von mittlerer Vergrößerung betrachtet wird. Durch schärfere Fernrohre beobachtet, lassen sich in ihm jedoch dunkle, langstreifige Stellen wahrnehmen, und außerdem bemerkt man auch mittels solcher lichtstarker Instrumente in der Nähe des größeren Nebels noch einen kleinen rundlichen Fleck. Eine Ende 1888 von dem Engländer Roberts aufgenommene Photographie erklärt die Natur der eben erwähnten dunklen Streifen in diesem Gebilde; sie stellen sich als die Zwischenräume von Spiralwindungen*) dar, in denen diese ganze Sternenmasse sich um einen inneren Kern bewegt, und die dem Beobachter nur deshalb nicht deutlicher zur Anschauung kommen, weil die Ebene, in der diese spiralförmige Bewegung sich vollzieht, gegen den Standpunkt des



Andromeda-Nebel.

*) „Spirale" oder „Schneckenlinie" nennt man eine ebene krumme Linie, die aus der Fortbewegung eines Punktes aus einem feststehenden Ausgangspunkte und um diesen entsteht, wobei der erstere sich immer weiter vom letzteren entfernt, so daß der Halbmesser seiner Bahn während des Umlaufs sich stetig verlängert. Die einfachste Spirallinie ist die Archimedische, die von einem Punkte beschrieben wird, der gleichförmig auf einer geraden Linie fortschreitet, während die Gerade selbst gleichförmig um ihren feststehenden Endpunkt gedreht wird.

Beobachters — d. h. gegen unsere Erde — sehr schräg geneigt ist. Ein weit deutlicher zu erkennender Spiralnebel ist derjenige in den Jagdhunden, dessen innerer Kern ähnlich den bekannten Feuerrädern der Kunstfeuerwerker feurige Funken spiralig gewundener Streifen in den Weltraum auszusenden scheint. In Wirklichkeit sind es tausende und abertausende von Sonnen, die sich in diesen Linien um einen gemeinsamen Centralpunkt bewegen, während ein zweiter, außerhalb des Gebildes gelegener (in unserer Abbildung links oben sichtbarer) Kern diese Linien wieder zu sammeln scheint.



Spiralnebel in den Jagdhunden.

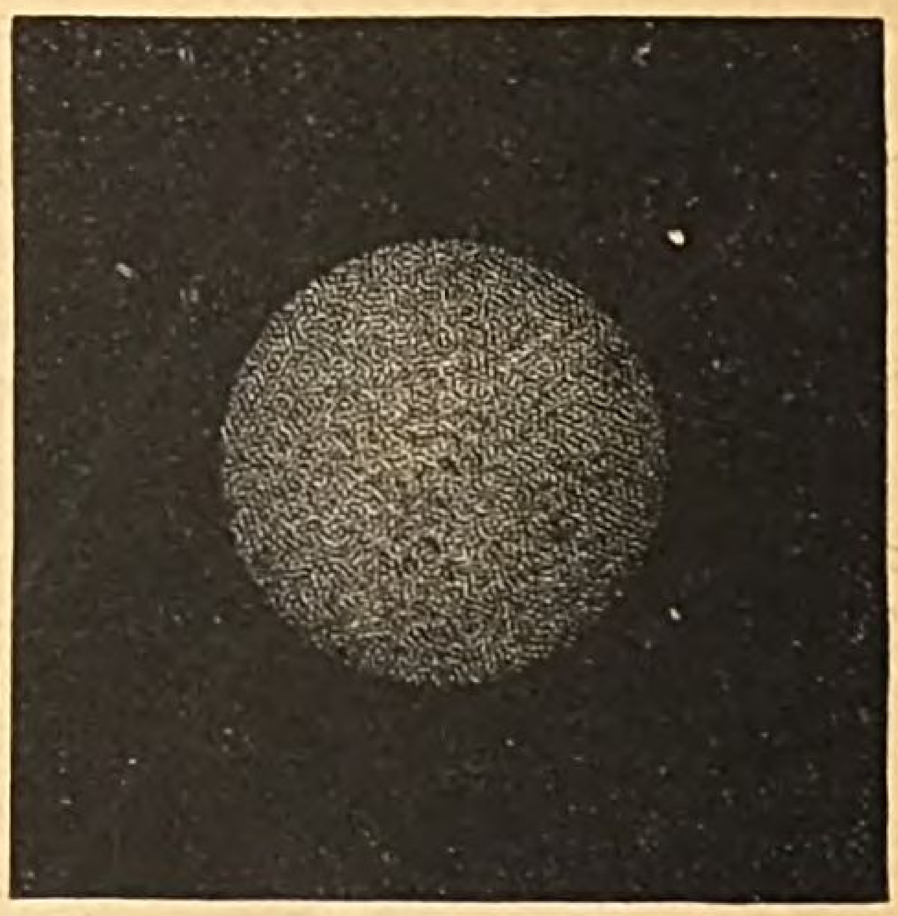
Die Spiral-Nebel sind nur eine von den mannigfaltigen Formen, in denen sich die Nebelflecke dem Beobachter darstellen und die wahrscheinlich als einzelne Entwickelungsstadien von werdenden Weltsystemen anzusehen sind. Im Orion-Nebel haben wir gewissermaßen das Urbild einer entstehenden Welt. Unter günstigen Umständen kann dasselbe mit unbewaffnetem Auge als ein schwacher Lichtfleck unterhalb der drei hellen Sterne wahrgenommen werden, die unter dem Namen des Jakobsstabes bekannt sind und das hervorragendste Merkmal des Sternbildes sind, das seinen Namen von dem berühmten Jäger Orion der Odyssee erhalten hat. Seinem Spektrum gemäß zu den unauflösbaren Nebelflecken gehörend, die wir, wie bereits erwähnt, als glühende Gasmassen und somit als niedrigste Entwickelungsform kosmischer Körper anzusehen haben, läßt auch seine noch völlig unregelmäßige chaotische Form erkennen, daß hier der Entwickelungsgang noch im ersten Anfang begriffen ist. Betrachtet man den Orion-Nebel durch ein großes Fernrohr, so zeigt er ein Gewirr von helleren und dunkleren Stellen und von flocken- und streifenartigen Gebilden, in deren Mittelpunkt die Elemente eines Centralkörpers in helleren Flecken

hervortreten. Die in diesem Nebel sichtbaren einzelnen Sterne gehören demselben zum größten Teil nicht an, sondern fallen nur zufällig in die gleiche Sehlinie mit ihm und stehen uns viel näher. Dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, daß die vier im Lichtcentrum des ganzen Gebildes nahe beisammen stehenden hellen Sterne, die von einer auffallend dunklen Stelle umgeben sind, mit dem übrigen Nebel zusammenhängen und die Grundlage seiner Ausgestaltung zu einem Weltsystem bilden.

Bei der ungeheueren Ausdehnung des Orion-Nebels bedürfen natürlich die Gasmassen eines unermeßlichen Zeitraumes, um sich gegen den Mittelpunkt hin zu sammeln und um diesen in Kugelgestalt zu ordnen. Jahrhunderte unserer irdischen Zeitrechnung sind gegenüber denjenigen, die bei kosmischen Vorgängen von solcher Ausdehnung in Betracht kommen, nur Augenblicke, und es ist daher nicht zu verwundern, daß der kurzlebige Mensch, daß ganze Geschlechter keinerlei Bewegung oder Veränderung an diesen weltfernen Gebilden wahrnehmen können. Da wir aber so verschiedene Formen derselben gleichzeitig schauen, so vermögen wir im offenen Buche des Kosmos dessen Entwickelungsgeschichte in einzelnen Kapiteln zu lesen, obgleich es nicht die Abschnitte eines und desselben Entwickelungsganges



Nebelfleck im Schützen.



Planetartiger Nebel.

sind, die uns die Beobachtung vorführt. So zeigt uns beispielsweise der einem Krebs nicht unähnliche und darum von seinem Beobachter William Parsons, Earl of Rosse (1800—1867) „Crab-Nebel" benannte Nebelfleck im Sternbilde des Stieres bereits das Bestreben, die Ausläufer in die Centralmasse hineinzuziehen. Auch hier erscheinen zahlreiche, zu einer dichtgedrängten Gruppe vereinigte Sterne, die bereits Wilhelm Herschels und seines Sohnes John Bewunderung hervorriefen. Noch andere Nebel haben ihre Ausläufer bereits zusammengezogen oder, wie der hier abgebildete (S. 100) am südlichen Sternenhimmel befindliche, zu einem kometenartigen Schweife vereinigt. Als Uebergangsform von den zerstreuten zu den bereits zur Kugelgestalt verdichteten Nebeln sind die Ringnebel anzusehen, in denen mutmaßlich die ursprünglich gleichförmig verteilte Masse durch die Rotation, teilweise vom Centralpunkte nach außen hin angedrängt worden sind. Einen solchen im Sternbilde der Jagdhunde (vergl. Abb.) befindlichen Ringnebel hat schon Herschel beobachtet. Ein anderer im Sternbilde der Leyer (vergl. Abb.) sieht, durch kleinere Fernrohre betrachtet, einem eiförmigen Ringe gleich, läßt aber bei der Beobachtung mit lichtstärkeren Instrumenten erkennen, daß auch der von dem Ringe umschlossene Raum mit nebelartiger Materie angefüllt ist. Mittels der Himmelsphotographie erhält man bei allen Aufnahmen dieses Nebels das Bild eines deutlichen Sternes in dessen Mitte, der bei direkter Beobachtung selbst mit sehr großen Instrumenten dem menschlichen Auge nicht sichtbar wird; erst mittels der neuesten Riesenrefraktoren soll er auch direkt gesehen worden sein.

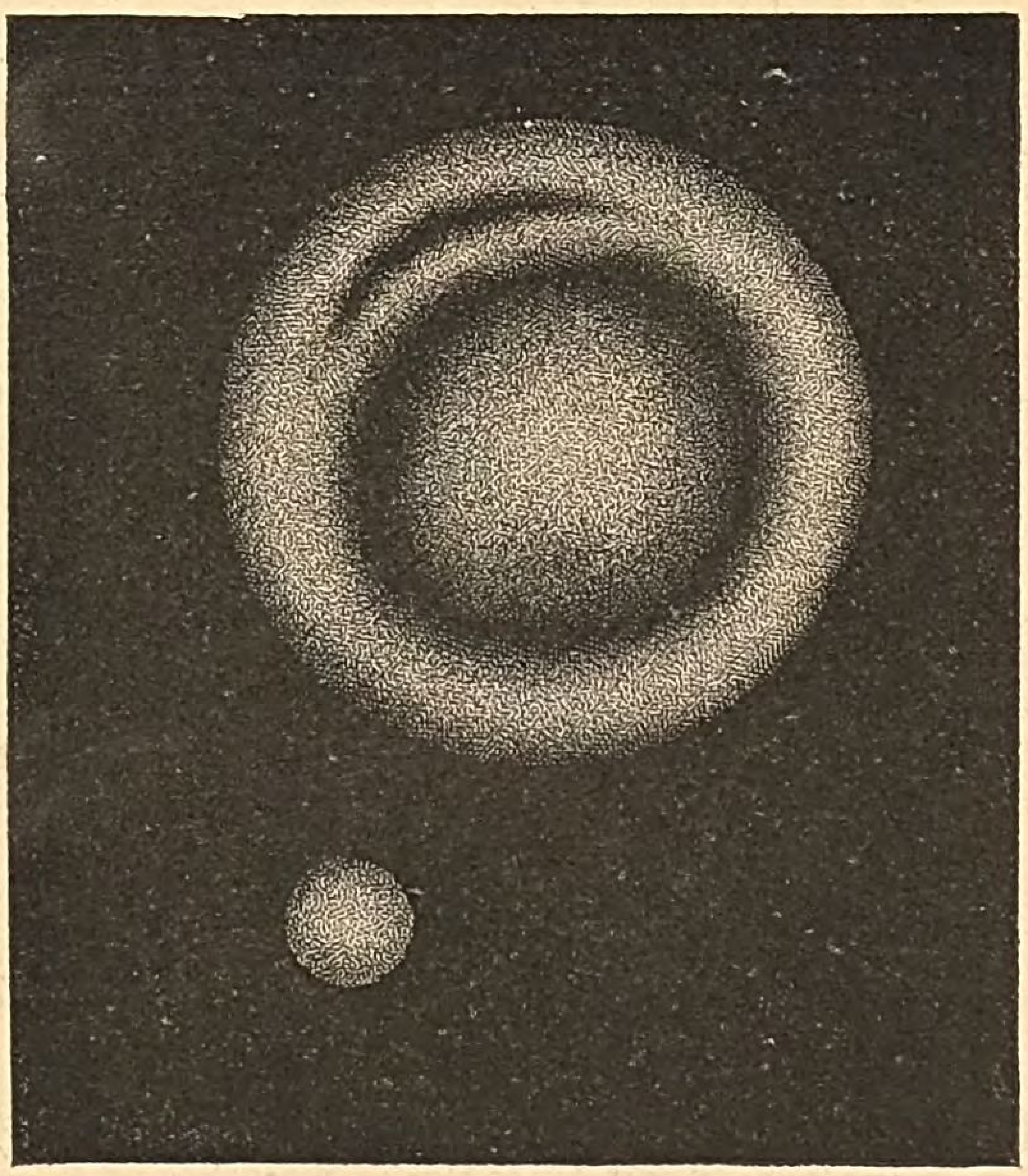
Reifere Entwickelungsstadien dieser werdenden Welten sind diejenigen, die bereits Kugelgestalt oder dieser verwandte Formen aufweisen. Unter diesen ist einer der merkwürdigsten der von Herschel als Dumbell-Nebel (vergl. Abb.) bezeichnete im Sternbilde des Fuchses. Die eirunde Masse desselben zeigt scheibenartige dunklere Stellen an beiden Enden, zwischen denen der lichtere Teil der Masse liegt, abgegrenzt einerseits von den nach innen gekehrten Halbkreisen der dunkleren Scheiben, anderseits von den äußeren Umrissen der eiförmigen Gesamtmasse. Die Deutung dieses Gebildes ist sehr schwierig; leichter ist diejenige der sogenannten Doppelnebel (vergl. Abb.), die gewissermaßen den Keim eines Zwillings-Weltsystemes darstellen. Im Sternbild des Schützen (vergl. Abb.) befindet sich ein eiförmiger Nebel, aus dessen Masse zwei helle, durch das Spektroskop als feuerflüssige Sterne erkannte Centralkörper hervorleuchten. Als Normalgebilde dürfen indes diejenigen bezeichnet werden, die die sphärische Gestalt zeigen, und die als planetarische Nebel (vergl. Abb.) bezeichnet werden. Es ist dies die Gestalt, die allen uns näher bekannten Himmelskörpern zu Grunde liegt und die aus der gleichförmigen Einwirkung der Anziehungskraft oder Schwerkraft einer Masse auf ihre einzelnen Teile notwendig hervorgehen muß. Durch die Rotation wird dann die Abplattung an den Polen und die Abtrennung neuer kosmischer Körper bewirkt, wie dies bereits früher erörtert worden ist.



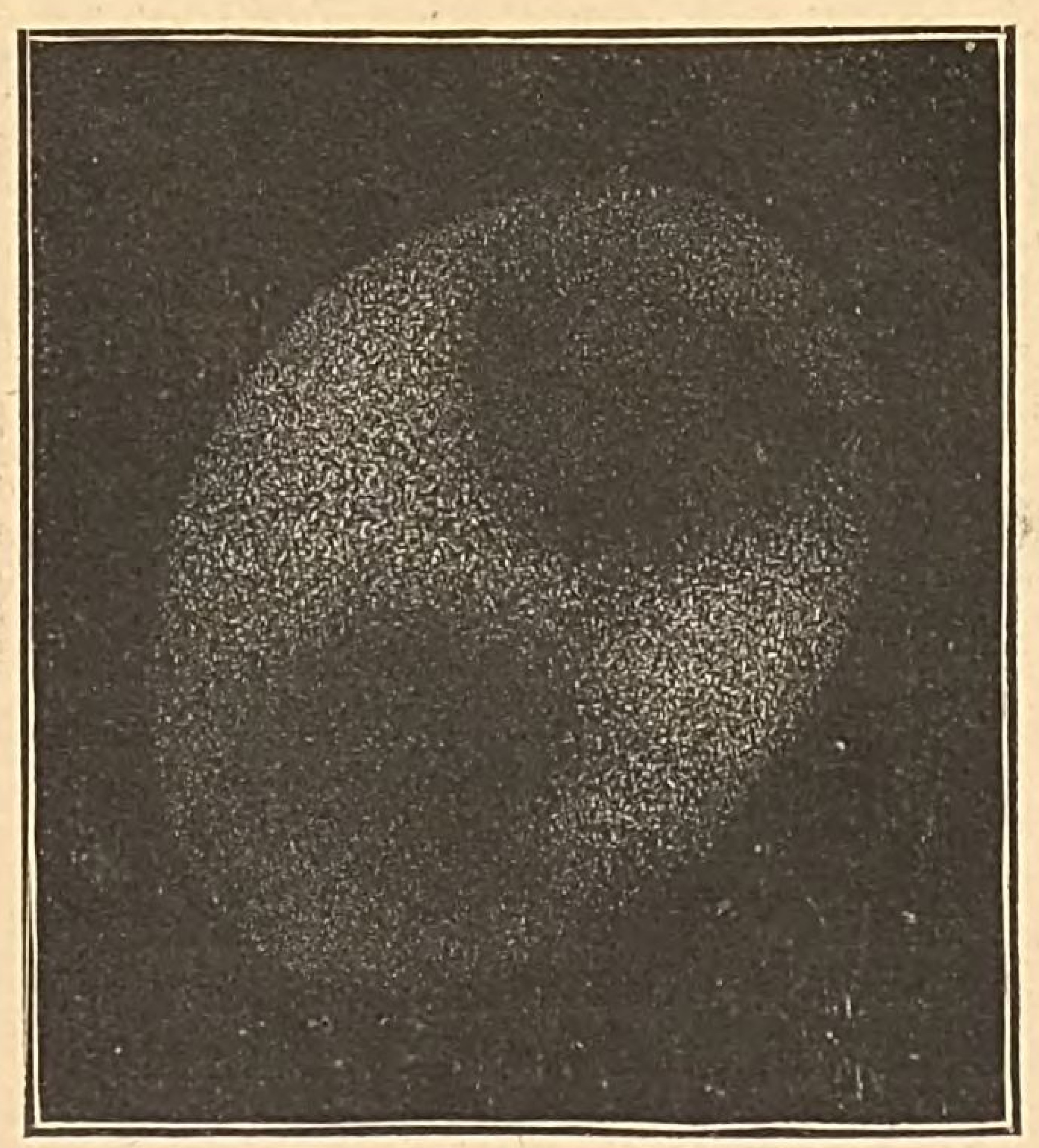
Nebel im Orion.

Nach dem Vorhergesagten haben wir die unauflösbaren Nebelflecke mit dem charakteristischen Spektrum glühender Gase als die Urform der kosmischen Materie anzusehen. Damit ist jedoch keineswegs gesagt, daß diese Materie sich seit aller Ewigkeit in diesem Zustande befindet; wir können in den Nebelflecken ebenso gut das Anfangs-

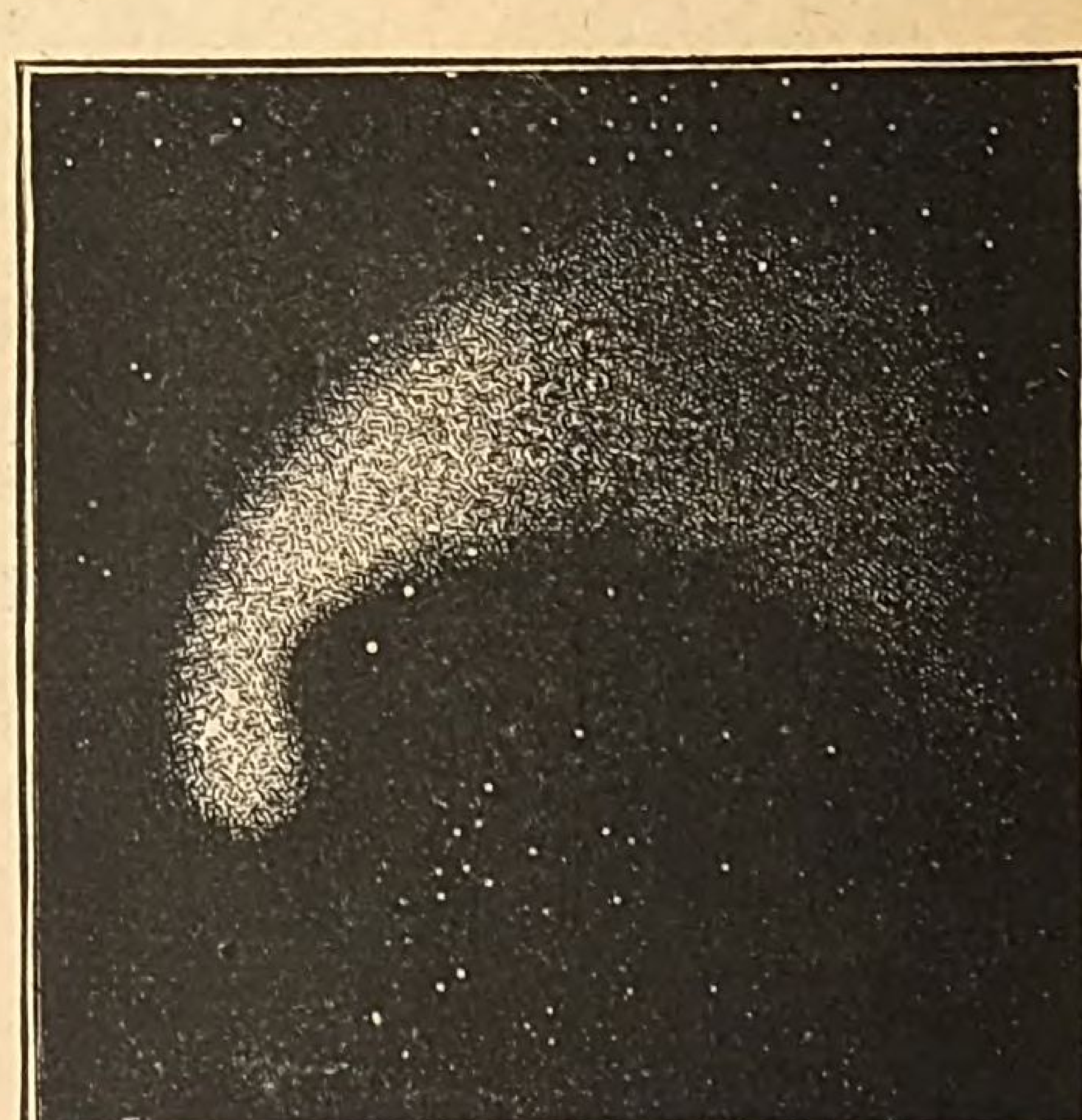
stadium der Entwickelung einer werdenden, wie das Endstadium einer untergegangenen Welt erblicken. Die Spiralnebel verraten durch die Art ihrer Bewegung, daß sie durch den Zusammenstoß zweier fester Körper, oder, richtiger gesagt, durch das seitliche Aufprallen eines derselben auf den anderen entstanden sind. Die kosmische Gewalt eines solchen Zusammenstoßes genügt, um eine Umsetzung von Kraft in Wärme in solchem Maße zu verursachen, daß sie die Auflösung der aneinander geratenen Himmelskörper in glühende Gase und das Hinausschleudern dieser letzteren in unermeßliche Räume zur Folge hat. Aber die Kräfte, die den Aufbau dieser zerstörten Welten bewirkt hatten, sind darum nicht erloschen, sondern machen sich sofort an den Wiederaufbau derselben. Ein Teil der Masse wird in den Bereich der Anziehungskraft anderer Weltkörper geraten und so für immer aus dem bisherigen Zusammenhange gerissen werden; der übrige wird aber, dem Gesetze der Schwerkraft folgend, einem centralen Vereinigungspunkte zustreben, ohne deshalb die rotierende Bewegung, die durch den Zusammenstoß verursacht worden war, zu verlieren. Damit sind die Grundbedingungen für die Entwickelung eines neuen Sonnen- oder Weltsystems geboten: einerseits die Materie mit den ihr innewohnenden Naturkräften zur



Ringnebel in den Jagdhunden.
Nach Herschel.



Dumbell-Nebel.



Kometenartiger Nebel.

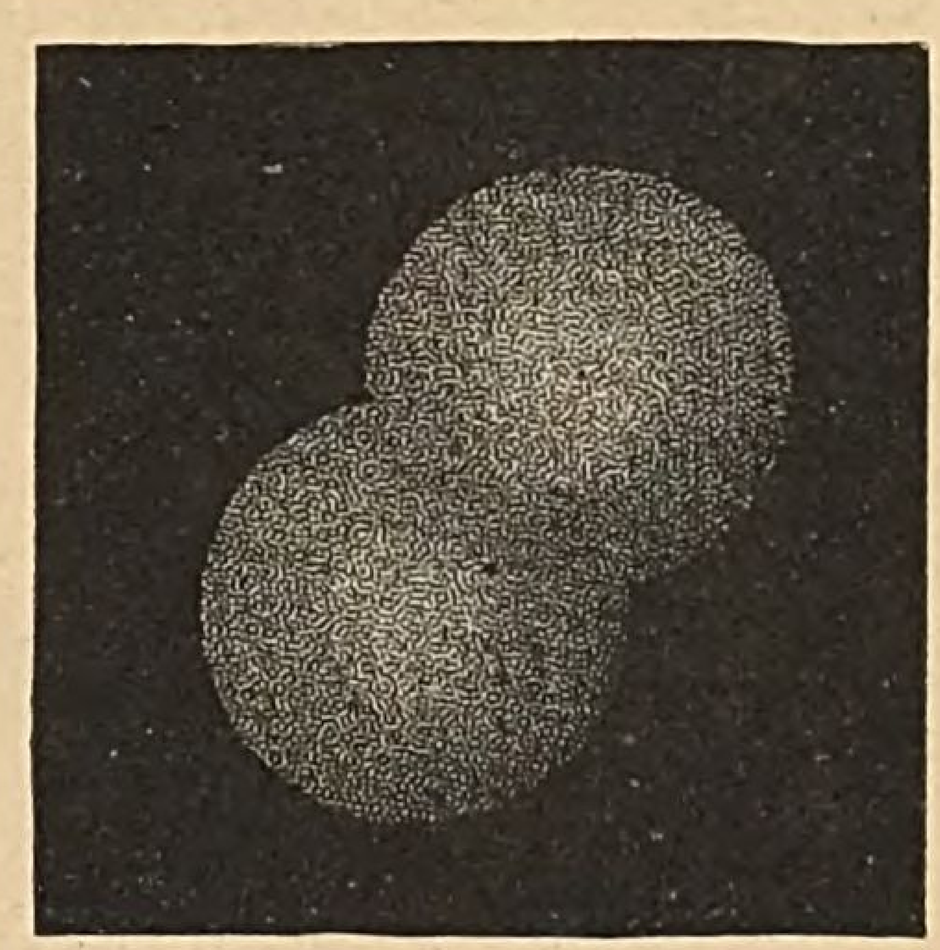
Bildung der Centralkörper, der Planeten und ihrer Satelliten, andererseits die fortwirkende Kraft des zugleich vernichtenden und neubelebenden Anstoßes, die das ganze Triebwerk in

Bewegung erhält. Während aber die zuerst erwähnten Kräfte kontinuierlich wirken, erschöpft sich die letztere allmählich; unter dem Einfluß der Schwerkraft sucht sich der kreisende Mond seinem Planeten, dieser seiner Sonne, und die Gesamtheit der Sonnen eines Weltsystems mehr und mehr dem Centralkörper, von dem sie abhängig sind, zu nähern; ihre Bahnen bleiben, was sie von Anfang an waren, Spirallinien, die nicht wieder in sich selbst zurückkehren, sondern sich, wenn auch nur unmerklich, so doch stetig verengen, bis endlich die Anziehungskraft des Centralkörpers das Uebergewicht gewinnt und ein neuer Zusammenstoß mit gleicher oder doch ähnlicher Wirkung erfolgt, wie jener, der zur Entstehung des betreffenden Weltsystems geführt hat. Das ist der ewige Kreislauf im Kosmos: Werden, Vergehen und Neuentstehen, endlos wie die Kreislinie selbst. Die Urnebel bedeuten in demselben nur den Anfang eines besonderen Entwickelungsganges, dem bereits ungezählte vorangegangen sind, ungezählte folgen werden.

Man muß sich nicht vorstellen, daß nur außerhalb der Welteninsel, der unser Sonnensystem angehört, solche Urnebelmassen vorkommen. Bezüglich der bis jetzt von den Astronomen aufgefundenen unauflöslichen Sternnebel kann man nur annehmen, daß diejenigen, die trotz ihrer Unauflösbarkeit als Sternhaufen angesehen werden müssen, weil sie



Ringnebel in der Leier.



Doppelnebel.

ein kontinuierliches Spektrum zeigen, weit außerhalb der Milchstraße gelegen sind, weil sie sonst — gleich dieser — auflösbar sein müßten; von denen aber, die sich durch ihr Spektrum als glühende Gasmassen zu erkennen geben, weiß man nichts Bestimmtes, da für die Bemessung ihrer Entfernung bis jetzt noch keine Anhaltspunkte gefunden sind. Mit einiger Bestimmtheit ist jedoch anzunehmen, daß Urnebelmassen auch innerhalb unseres Weltsystems, ja sogar in nicht allzu großer Entfernung von unserem Sonnensystem vorkommen oder wenigstens früher vorhanden gewesen sein müssen. Der Astronom Schiaparelli schreibt die Entstehung der Kometen der Anziehung von Teilen solcher Urnebelmassen durch die Sonne zu, und H. Schellen bringt Näheres hierüber in seinem Werke über die Spektralanalyse. Obgleich der Gegenstand eigentlich einem späteren Kapitel angehört, so mag er doch hier eingefügt werden, da er entwickelungsgeschichtlich jedenfalls in naher Beziehung zu den Nebelflecken steht. Diese bestehen — wie bereits ausgeführt — aus kosmischer Materie, die noch keinen Verdichtungspunkt in sich gefunden und daher noch nicht die Entwickelungsstufe eines Weltkörpers im engeren Sinne des Wortes erreicht haben. Das Gefüge dieser kosmischen Gewölke ist noch sehr lose, ihre Teilchen stehen noch weit von einander ab, und so bilden sie Massen von ungeheurem Umfange, von denen einige bereits eine regelmäßige Gestalt angenommen haben, andere nicht. Da sowohl diese Nebelwolken als auch unsere Sonne sich im Weltenraume bewegen, so wird sich nicht selten der Fall ereignen, daß eine solche Wolke in den Bereich der Anziehungskraft der Sonne kommt. Die Anziehung wirkt auf den vorangehenden Teil des Nebels bedeutend stärker als auf die entfernteren hinteren Teile; die kosmische Wolke fängt schon in sehr weiter

Ferne an, ihre ursprüngliche Kugelgestalt zu verlieren und sich zu einem länglich gestalteten Körper auszubilden. Dem zuerst angezogenen vorderen Teile der Nebelmasse folgen andere beständig nach, und die Kugel wird zu einem langgestreckten Cylinder, in welchem der vordere, nach der Sonne gerichtete Teil sich immer mehr verdichtet und zuspitzt, während das hintere Ende noch zum Teil die ursprüngliche Breite beibehält. Mit der größeren Annäherung an die Sonne vollzieht sich diese Umformung der Nebelwolke immer entschiedener; von der Sonne beleuchtet erscheint uns der voranschreitende Teil als dichter Kern, die übrige von der Sonne abgewendete nachfolgende Masse aber als ein langgestreckter, auseinandergehender Schweif, gebogen, weil während des ganzen Vorganges der Nebel sich seitwärts bewegt. Aus dem ursprünglich kugelförmig gestalteten Nebelfleck, der nicht zu unserem Sonnensystem gehörte, ist ein Komet entstanden, der nun als neugebildeter Weltkörper vorübergehend oder dauernd dem Sonnensysteme angehört. Die Gestalt der Bahn, in welcher sich derselbe bewegt, hängt ab von der Entfernung der ursprünglichen Geschwindigkeit der kosmischen Wolke und von der Richtung ihrer Bewegung und kann daher sowohl elliptisch, als auch hyperbolisch und parabolisch*) sein; in den beiden letzteren Fällen erscheint der Komet nur ein einziges Mal in unserem Sonnensysteme, um sich dann wieder in die ungemessenen Fernen des Weltraumes zu begeben; in in dem ersteren Falle aber bürgert sich derselbe bei uns ein und vollendet gleich dem Planeten in einer bestimmten Reihe von Jahren seinen Umlauf um die Sonne. Es erklärt sich hieraus von selbst, daß die Bahnen der Kometen alle nur denkbaren Lagen gegen die Erdbahn haben, und daß die Richtung ihrer Bewegung bald rechtläufig, bald rückläufig ist.

Das Schicksal des kosmischen Nebels ist aber mit seiner Umgestaltung zu einem Kometen noch nicht zu Ende. Schiaparelli weist schlagend nach, daß, da der Komet nicht ein Körper von festem Gefüge ist, vielmehr seine einzelnen Teile gegen einander verschiebbar sind, der der Sonne nähere Kopf oder der Kern notwendig einen schnelleren Umlauf um die Sonne machen muß als die entfernteren Teile des Schweifes. Letzterer wird daher bei dem Umlaufe des Kometen um die Sonne hinter dem Kerne zurückbleiben, der Komet wird sich immer mehr in die Länge ausdehnen und zuletzt sich teilweise oder ganz in einem meteorischen Ring um die Sonne auflösen. Die ganze Bahn des Kometen füllt sich auf diese Weise nach und nach mit zerteilter Kometenmasse, mit jenen kleinen dunklen Meteorkörperchen an, welche, wenn sie durch die Erdatmosphäre ziehen, glühend werden und als Sternschnuppen erscheinen. Statt des Kometen rotiert nun ein gewaltiger breiterer Ring von Meteorsteinen um die Sonne, der die Erscheinungen darbietet, wie wir sie an den (in den die Meteoriten betreffenden Kapitel des nächsten Abschnittes zu besprechenden) Augustmeteoren alljährlich wahrnehmen. Ob dieser meteorische Ring in sich geschlossen

---

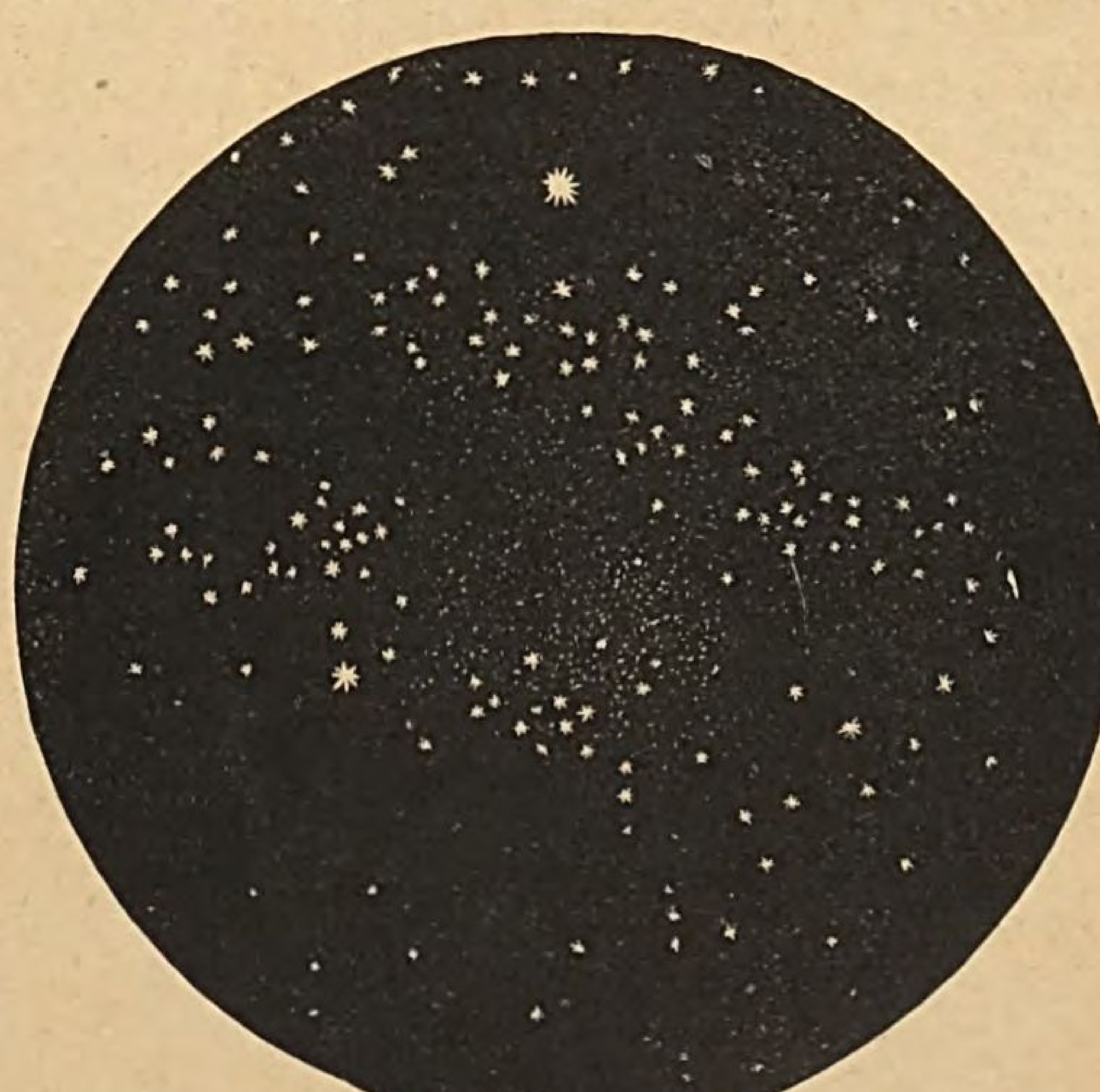
*) Ellipse, Parabel und Hyperbel nennt man diejenigen regelmäßigen krummen Linien oder Kurven, die bei der Durchschneidung eines Kegels mit kreisrunder Grundfläche nach verschiedenen Richtungen entstehen. Kegel sind geometrische Körper, die von einer ebenen Grundfläche und dem sogen. Kegelmantel umschlossen sind. Die Entstehung des letzteren kann man sich am besten vorstellen, wenn man sich eine gerade Linie denkt, die mit einem ihrer Endpunkte über der die Grundfläche des Kegels bildenden Linie befestigt ist, während der andere Endpunkt derselben längs des Umrisses der Grundfläche sich fortbewegt, um schließlich in sich selbst zurückzukehren. Der feststehende Endpunkt dieser geraden Ebene bildet dann die Spitze des Kegels, der, wenn die Grundfläche eine Kreisscheibe ist und die Spitze senkrecht über deren Mittelpunkt steht, als „gerader Kreiskegel" bezeichnet wird. Wird dieser nun von einer Ebene durchschnitten, die parallel (gleichlaufend) zur Grundfläche liegt, so entstehen kreisförmige Kegelschnitte, bilden die beiden Ebenen einen Winkel und trifft die durchschneidende Ebene den Kegelmantel in seinem ganzen Umfang, so zeigt der Kegelschnitt die Gestalt der Ellipse; liegt die durchschneidende Ebene parallel zu der geraden Linie, durch deren Bewegung die Mantelfläche entstanden ist, so entsteht der Kegelschnitt der Parabel. Man kann sich aber auch die Mantellinie statt an einem Endpunkte an einem in ihrer Mitte liegenden Punkte befestigt denken und in diesem Falle wird sie mit dem jenseits der Kegelspitze gelegenen Teile einen zweiten Kegel umschreiben, der mit dem ersten eine gemeinsame Spitze hat. Eine Schnittebene, die in diesem Falle beide Kegel trifft, bildet dann den Kegelschnitt der Hyperbel.

und die Meteormasse über die ganze Bahn des ursprünglichen Kometen zerstreut ist, oder ob die einzelnen Meteorkörperchen, wie bei dem Novemberschwarme, die ganze Bahn noch nicht gleichmäßig ausfüllen und dann noch teilweise die Form des Kometen haben, ist bei der Umgestaltung des kosmischen Nebels durch die Sonne nur eine Frage der Zeit. Im Laufe der Jahre muß sich die Materie eines Kometen, der eine geschlossene Bahn um die Sonne beschreibt, über die ganze Bahn zerstreuen; geht er anfänglich in einer Ellipse um die Sonne, so wird aus ihm nach und nach ein elliptischer Ring von Meteormasse von der Größe und Gestalt der ursprünglichen Bahn entstehen.

Zweites Kapitel.

Die Sternhaufen.

Wir haben bereits im vorhergehenden Kapitel erwähnt, daß neben den unauflöslichen Nebelflecken auch solche bestehen, die durch das Fernrohr betrachtet, in einzelne Himmelskörper zerfallen, und daß es auch unauflösliche Nebelflecke giebt, die selbst bei stärkster Vergrößerung das Aussehen einer einheitlichen Masse zeigen, während ihr kontinuierliches Spektrum sie als feste oder feuerflüssige Körper erkennen läßt. Diese sowohl, deren Unauflöslichkeit nur durch ihre außerordentlich große Entfernung erklärlich ist, als auch die auflöslichen Nebelflecke und solche Anhäufungen von Fixsternen, die schon mit unbewaffnetem Auge zu erkennen sind und sich ohne weiteres als zusammengehörige Gruppen zeigen, nennt man Sternhaufen. Ihre Natur wurde zuerst durch Wilhelm Herschel aufgeklärt, der allerdings von vornherein geneigt war, in allen Nebelflecken solche Sternhaufen zu erblicken. Wenn es ihm aber auch gelungen ist, eine große Zahl dieser Lichtgebilde mittels seiner Teleskope in ihre Einzelheiten zu zerlegen, so entdeckte er doch mit Hilfe dieser Instrumente immer neue Sternnebel, deren Auflösung ihm nicht gelang. Die Zahl der von ihm als Sternhaufen erkannten Gruppen betrug 197, jene der unaufgelösten Nebelflecke 2303 und sein Sohn John vermehrte, nachdem er auch den südlichen Himmel untersucht hatte, diese Zahlen auf zusammen 5079. In neuester Zeit hat der amerikanische Astronom Professor Bailey mit dem großen photographischen Fernrohr der Harvard-Sternwarte in Cambridge auch eine Zählung der in solchen Sternhaufen enthaltenen Himmelskörper vorgenommen, wobei er sich des ausgezeichnet bewährten Hilfsmittels der Himmelsphotographie bediente. Er unternahm eine sechsstündige Aufnahme des unter dem Namen der Plejaden bekannten Siebengestirnes im Sternbilde des Stieres, in welchem ein normales Auge sechs, ein sehr scharfes neun bis elf Sterne unterscheiden kann, während für ein schwaches Auge die ganze Gruppe nur das Aussehen eines Nebelfleckes hat. Den Mittelpunkt der Gruppe bildet der Stern dritter Größe, Alkyone, der von den älteren Astronomen unseres Jahrhunderts als Weltmittelpunkt betrachtet wurde. Bailey teilte die erhaltene photographische Platte zunächst in 144 Quadrate ein und zählte die in jedem derselben enthaltenen Gestirne.


Sternhaufen im Wassermann.

Er fand deren durchschnittlich 28 in jedem Quadrat, in denjenigen, die die hellsten Sterne der Gruppe enthielten, etwas weniger. Die Gesamtzahl der auf diese Weise gezählten Sterne betrug nahezu viertausend, ist also im Verhältnis zur Sterndichtigkeit in anderen Himmelsgegenden und namentlich in der Milchstraße eine ziemlich geringe trotz des glanzvollen Aussehens, das die Plejaden für den Beobachter des Himmels auszeichnet. Ganz anders gestaltete sich das Ergebnis der Zählung in einem Teile des südlichen Sternbildes Argo, wo man nach vierstündiger photographischer Aufnahme einer Fläche von 5 Quadratgraden des Himmels rund 250000 Sterne zählte. Es ist indes zu erwägen, daß in den Plejaden mehrere helle Sterne auf einen scheinbar kleinen Raum zusammengedrängt sind, deren Licht eine Wirkung der schwächeren Sterne in ihrer nächsten Umgebung auf die photographische Platte nicht aufkommen läßt; ferner finden sich in der Gegend der Plejaden zahlreiche Nebelflecke, die, falls sie der Erde näher stehen als die Sterne der Plejadengruppe, manche von diesen verdecken mögen. Ein ganz anderes Bild als der Sternhaufen in den Plejaden bietet derjenige im Wassermann, den unsere Abbildung auf S. 103 zeigt. Hier finden sich Sterne der verschiedensten Größen durcheinander gewürfelt und überdies noch ein planetarischer Nebel, der in bläulicher Färbung hell leuchtet, vollkommen rund und nur am Rande etwas schwächer leuchtend ist. Das Ganze mahnt an ein dichtes Gedränge von Lichtpunkten, ähnlich der Milchstraße. Das vollkommenste Bild eines Sternhaufens zeigt sich dem Beobachter im Sternbilde des Centauren. Hier scheinen die Sterne zahllos wie der Sand am Meere ausgestreut zu sein und verdichten sich gegen den Mittelpunkt hin fast zu einer einzigen leuchtenden Masse. Alle einzelnen Sterne dieses Haufens haben ziemlich gleiche Leuchtkraft und Größe; sie können aber nur durch gute Fernrohre getrennt gesehen werden und müssen daher unendlich weit von uns entfernt sein. Bedenkt man, daß jeder dieser ungezählten Himmelskörper eine große Sonne darstellt, deren jede vermutlich von Planeten umgeben ist, so kann man sich eine Vorstellung von der Großartigkeit der kosmischen Verhältnisse machen — allerdings nur eine solche Vorstellung, der jede begriffliche Ausgestaltung fehlt.

Die Sternhaufen sind nicht gleichmäßig am Himmelsgewölbe verteilt, sondern finden sich gruppenweise in der Nähe der Milchstraße und besonders zahlreich am südlichen Himmel zwischen den Sternbildern des Schützen, der südlichen Krone, dem Schwanze des Skorpions und dem Altar. In neuester Zeit hat man mit der Messung der Sternhaufen (und auch der Nebelflecke) begonnen, wobei wieder die Himmelsphotographie ihre guten Dienste leistete. Man hat die gegenseitige Lage der Einzelgestirne, aus denen sie sich zusammensetzten, genau abgemessen, und diese Messungen werden fortgesetzt, um allmählich auf diesem Wege zur Erkenntnis zu gelangen, ob diese Gestirne und welche von ihnen in einem näheren Zusammenhange mit einander stehen, ob und inwieweit ihnen eine nach Richtung und Größe gemeinsame Eigenbewegung zukommt oder ob und inwieweit ihr Zusammenhang nur ein optischer, d. h. ein zufälliges Zusammenfallen in eine und dieselbe Sehlinie ist. Man hofft auf diesem Wege auch auffällige Bewegungen innerhalb der Sternhaufen selbst wahrzunehmen und dadurch neue Aufschlüsse über ihre Natur zu erhalten. Ergebnisse dieses Verfahrens können indes selbstverständlich erst in Jahrzehnten oder in noch viel längerer Zeit erwartet werden; indes kann mit gutem Grunde angenommen werden, daß diese Sternhaufen im Allgemeinen aus Himmelskörpern gebildet sind, deren Natur derjenigen des Weltsystemes nahe verwandt ist, dem unser Sonnensystem und die Tausende von einzelnen Gestirnen angehören, die nebst der Milchstraße den Inhalt dieses Weltsystemes bilden.

In dem Sternensystem, welchem unser Sonnensystem angehört, will der amerikanische Astronom Benjamin Gould die Bildung eines Sternhaufens erblicken. Nach seinen eigenen und den Beobachtungen des Astronomen Heis ist Gould zu dem Ergebnisse gelangt, daß das unsichtbare Himmelsgewölbe einen Gürtel von hellen Sternen aufweist, dessen Mittellinie so ziemlich annähernd einem größten Kreise entspricht, der gegen die Milchstraße in einem Winkel von ungefähr 19 Graden geneigt ist und diese in den Sternbildern der Cassiopeja und des südlichen Kreuzes schneidet. Die die Sterne vierter Größe an Hellig-

keit übertreffenden Gestirne gruppieren sich gleichmäßiger gegen diese Mittellinie als gegen die Milchstraße, und sie sind in jeder Gegend des Himmels um so häufiger, je geringer ihre Entfernung von der Mittellinie ist. Nach der Milchstraße hin vermehren sich die schwachen Sterne in einem Verhältnisse, das mit abnehmender Helligkeit rasch wächst; dagegen ist eine Zunahme für die hellen Sterne kaum bemerkbar. Diese Thatsachen betrachtet Gould, dessen Ausführungen wir hier nach Newcomb-Engelmanns „Populärer Astronomie" folgen, in Zusammenfassung mit noch anderen als Anzeichen der Existenz eines verhältnismäßig kleinen, ziemlich flachen und vielleicht zweispaltigen Sternhaufens, der aus etwa 400 Sternen 1.—7. Größe besteht und in welchem, excentrisch, aber nicht weit von der Ebene der Milchstraße, unser Sonnensystem liegt. Wir werden auf diese von Newcomb und Gould vertretene Anschauung im nächsten Kapitel dieses Abschnittes noch zurückkommen.

Die Verdichtung der gasförmigen Urnebelmassen zu einzelnen Sternen oder Sternhaufen hat Herschel, ohne sich dabei durch die Verhältnisse des Sonnensystems leiten zu lassen, auf Grund seiner Beobachtungen der Nebelflecken selbst als Thatsachen annehmen zu können geglaubt. Er gewann bei der Betrachtung der Nebelflecken den Eindruck, daß dieselben aus gewaltigen Massen leuchtenden Dampfes oder Dunstes zusammengesetzt seien und zog daraus den Schluß, daß eine allmähliche Anhäufung dieser Massen in der Richtung eines gemeinsamen Mittelpunktes Gas finden müsse. In einigen der von ihm beobachteten Nebelflecken von großer Ausdehnung, schwacher Leuchtkraft und verschwommener Gestalt meinte er das Anfangsstadium der Verdichtung zu erkennen; auf einer höheren Entwickelungsstufe schienen ihm die kleineren und helleren Nebelflecke zu stehen, von denen sich wieder einige schon so weit verdichtet hatten, daß in ihrem Inneren sich bereits Sterne gebildet hatten; in den Sternhaufen erkannte er das Stadium der bereits vollständig erfolgten Verdichtung. Die Anschauungen Herschels sind seither, wie wir bereits gesehen haben, durch die spektroskopische Untersuchung bestätigt worden.

Drittes Kapitel.

Die Milchstraße.

Wir treten jetzt in denjenigen Teil des Kosmos ein, der die für uns sichtbare Sternenwelt umfaßt, und als dessen Umgrenzung die Milchstraße betrachtet wird. Schon im Altertum hat man diesen Sterngürtel, der, einen Winkel von etwa 63 Grad mit dem Himmelsäquator bildend, das ganze Himmelsgewölbe als weißlich schimmernder Streifen von sehr verschiedener Breite umzieht, besonderer Beachtung wert gefunden und denselben zu deuten gesucht. Demokrit, der im 5. Jahrhundert v. Chr. lebte, erkannte darin eine Anhäufung unzähliger Gestirne; Kepler und Galilei sprachen die gleiche Ansicht in bestimmter Weise aus, aber erst Huygens gelang es 1656, mit seinem verbesserten Fernrohr einen Teil der Milchstraße, die Theophrastus Paracelsus noch als eine „Fuge zwischen den beiden Himmelshalbkugeln" angesehen hatte, durch die das „obere Licht" in das Dunkel dieser Welt eindringt, in einzelne Sterne zu zerlegen. Wilhelm Herschel vermochte endlich mit seinem Teleskop die Natur der Milchstraße völlig klar zu stellen. Durch die Beobachtungen des Letztgenannten wurde auch die von Kant bereits um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ausgesprochene Ansicht bestätigt, daß die Sterne in ungleicher Weise im Weltenraume verteilt seien. Gegenwärtig ist die Meinung herrschend geworden, daß die Milchstraße den Rand einer linsenförmigen Sternschicht darstelle, in deren Mitte unser Sonnensystem sich befindet. Die zunehmende Dichtigkeit der Gestirne nach der Richtung der Milchstraße hin und die Sternenleere der den Polen sich nähernden Himmelsgegenden scheint diese Ansicht zu bestätigen. Wir haben bereits im vorigen Kapitel der Ansicht Goulds

Erwähnung gethan, nach welcher der Gürtel der hellen Sterne in einem größten Kreise liegt, der von dem von der Milchstraße umschriebenen um etwa 19 Grad abweicht. Newcomb hat aus diesen Thatsachen eine Hypothese der wahrscheinlichen Anordnung des sichtbaren Sternsystems konstruiert, deren wichtigste Punkte wir hier nach dem bereits angeführten Newcomb-Engelmannschen Werke aufführen:

Die Hauptmasse der Sterne, die unser heimisches Weltsystem bilden, ist nach allen Seiten hin in einer weit ausgedehnten Ebene oder nahe derselben verteilt, die durch die Milchstraße gegeben ist. Die große Mehrzahl der Sterne, die wir mit Hilfe des Fernrohres erblicken, befindet sich in einem Raume von der Form einer ziemlich runden und verhältnismäßig flachen Scheibe, die, der Gestalt einer Linse gleichend, von einer im Verhältnis zu ihrem Durchmesser geringen Dicke ist. Eine ganz ähnliche Gestalt zeigt, wie bereits Kant bemerkte, unser Sonnensystem in seinem äußeren Umrisse, wenn wir die Bahn des Neptun als eines äußersten Planeten als den Durchmesser desselben betrachten und seine Dicke uns durch die äußersten Punkte der Bahnen der übrigen Planeten bestimmt denken. Da die Ebenen der verschiedenen Planetenbahnen so ziemlich nahe einer bestimmten mittleren Ebene liegen, so stehen selbst die äußersten Punkte dieser Bahnen nicht weit von der mittleren Ebene ab, und würde man ein Modell des ganzen Sonnensystems herstellen, in welchem die einzelnen Planetenbahnen durch Drahtreifen vertreten sind, so würde dieses Modell, wenn man es mit einer Umhüllung bekleiden würde, auch eine linsenförmige Gestalt zeigen. In unserem Weltsystem erscheint derjenige Raum, der die meisten Sterne enthält, im Allgemeinen durch zwei nahe parallele Ebenen begrenzt, welche die untere und obere Fläche der Scheibe darstellen, und deren Abstand von einander wohl noch weniger als ein Achtel ihrer Längenausdehnung beträgt.

Innerhalb des auf solche Weise bestimmten Raumes sind die Sterne nicht gleichmäßig verteilt, sondern meist zu unregelmäßigen Haufen und Gruppen vereinigt, zwischen denen sich verhältnismäßig leere Räume befinden. Diese Anhäufungen haben in der Regel keine bestimmte Grenze, sondern gehen mit unmerklichen Abstufungen in einander über. Die Zahl der Sterne in den einzelnen Gruppen, den eigentlichen Sternhaufen, variieren innerhalb weiter Grenzen; Newcomb giebt als Minimum 2000 an und läßt das Maximum zu vielen Tausenden ansteigen. Große Gruppen zerfallen wieder in kleinere von verschiedener Größe, die sich — den schweren Wolken eines Sommertages ähnlich — über einander zu türmen scheinen.

Wie bereits erwähnt, liegt unser Sonnensystem nahe dem Centrum des oben beschriebenen Raumes, so daß auf die entgegengesetzten Regionen des Himmels etwa die gleiche Anzahl Sterne entfallen.

Die Sterne, die wir mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen können, etwa 6000 an der Zahl, sind ziemlich gleichförmig im Raume verteilt. Nur einige Anhäufungen von Sternen, so namentlich jene in den Plejaden und im Haar der Berenice, deren Bestandteile jedoch gering an Zahl und ziemlich weit von einander entfernt sind, machen eine Ausnahme von dieser Regel.

Die linsenförmige Scheibe ist jedoch nicht als die eigentliche Form des Sternsystemes anzusehen, sondern stellt nur die Grenzen dar, die den hauptsächlichsten Teil desselben einschließen. Dem System an sich ist, da es an einer bestimmten Grenze der größeren Sternhaufen sowie der Lage der helleren Einzelgestirne fehlt, und da ferner zwischen den Sternhaufen zahlreiche Lücken bestehen, in denen sich verhältnismäßig leere Räume ausdehnen, eben so wenig eine bestimmte Form gegeben, wie etwa einer Staubwolke. Bestimmter prägt sich nur die Region der Milchstraße aus, in deren Bereich die Sterne am dichtesten stehen.

Zu beiden Seiten dieser Region sind die Sterne gleichmäßiger und dünner gesät, erstrecken sich aber mutmaßlich nicht annähernd so weit wie die „galaktische“ oder Milchstraßenregion. Da wir aber weder die Entfernung der kleinsten teleskopischen Sterne kennen, noch die Dichtigkeit ihres Standes, die wahrscheinlich gegen die Ausläufer hin

stufenweise abnimmt, bestimmt beurteilen können, so ist eine genauere Grenze zwischen den erwähnten Regionen nicht anzugeben.

Zu beiden Seiten der Region der Milchstraße liegt endlich noch eine Region der Nebelflecke, in der sich nur wenige oder gar keine Sterne, dagegen Nebelflecke in großer Zahl vorfinden. Während die Zahl der Nebelflecke gegen die Milchstraße hin bedeutend abnimmt, wächst diejenige der Sternhaufen in der gleichen Richtung.

Die Milchstraße spaltet sich an ihrem südlichsten für uns sichtbaren Teile in zwei Arme, von denen sich der eine vom Bogen des Schützen durch den Schild des Sobieski und das Sternbild des Adlers nach dem rechten Flügel des Schwanes hinzieht, wogegen der andere vom Schwanze des Skorpions durch den rechten Fuß und Arm des Schlangenträgers (Ophiokus) und unter der Leier vorbei dem linken Flügel des Schwanes sich zuwendet. In der Nähe des Sternes Deneb im Schwan vereinigen sich die beiden Arme und die Milchstraße nimmt ihren weiteren Verlauf durch das Haupt des Kephelus, die Sternbilder der Kassiopeia, des Perseus und des Fuhrmannes, durchschneidet den untersten Teil des Sternbildes der Zwillinge, berührt den Stern Beteigeuze im Orion, geht dann



Ein Teil der nördlichen Milchstraße
nach Heis.

zwischen den Sternbildern des Kleinen und Großen Hundes hindurch und durch das kleine Sternbild der Buchdruckerwerkstatt zum Schiff Argo, wo sie für den Beobachter des nördlichen Sternhimmels im VIII. Stundenkreise (vergl. unsere Sternkarte) verschwindet. Am südlichen Himmel wird der Verlauf der Milchstraße durch die Sternbilder des südlichen Kreuzes und des Altars gekennzeichnet; ein Ausläufer derselben geht durch die Vorderfüße des Centauren nach dem Sternbild des Wolfes. Beim Altar beginnt jene Spaltung der Milchstraße in zwei Arme, deren Wiedervereinigung im Sternbilde des Schwanes bereits erwähnt worden ist.

Die Gestalt der Milchstraße wird von verschiedenen Beobachtern sehr verschieden beurteilt und John Herschel hat dieselbe beispielsweise in mehreren Punkten anders beschrieben, als dies oben geschehen ist. Es hängt dies namentlich mit der Verschiedenheit der zur Beobachtung benutzten Instrumente und des Sehvermögens der Beobachter selbst zusammen. So konnte beispielsweise der Astronom Eduard Heis (1806—1877), dessen Sehschärfe sich bei seinen Fachgenossen einer wahrhaften Berühmtheit erfreute, mit unbewaffnetem Auge die in nebenstehender Abbildung wiedergegebene Ansicht von einem Teile der Milchstraße festhalten, die deren wolkenähnliche Zerrissenheit deutlich zur Anschauung bringt, aber den

meisten anderen Beobachtern unsichtbar bleibt, da das Fernrohr eine ganz andere Ansicht bietet. Bei der Darstellung der Milchstraße auf den Sternkarten zeigen sich ebenfalls mancherlei Verschiedenheiten, je nachdem — abgesehen von den Abweichungen bei der Beobachtung selbst — mehr oder weniger Gewicht auf die Gestalt im Allgemeinen oder auf die Hervorhebung der helleren Stellen gelegt wird. Unsere Sternkarte folgt in ihrer Ausführung der Milchstraße hauptsächlich derjenigen, die der letzten Auflage von Diesterwegs „Populärer Himmelskunde" beigegeben ist, und sucht namentlich den Charakter des dem unbewaffneten Auge sich darbietenden Bildes anschaulich zu machen.

Nach Secchi bildet die Milchstraße eigentlich keinen ununterbrochenen Gürtel, sondern besteht aus einer Reihe von hellen Flecken, in denen die Sterne mehr oder weniger verdichtet sind. Auf der südlichen Himmelskugel bricht diese Zerrissenheit noch deutlicher hervor als auf der nördlichen. Im Sternbild des Schützen ist der Bau kugelförmiger Sternhaufen am deutlichsten ausgeprägt. Hier sowie im Sternbilde des Adlers ist die Anhäufung der Sterne so dicht, daß selbst für die stärksten Instrumente ein heller, unauflösbarer Hintergrund bleibt, wogegen im Sternbilde des Stiers diese hintere Schicht unauflöslicher Sternhaufen fehlt und alle Gestirne einzeln erscheinen.

Das Wesen der Milchstraße als eines den größten Umfang unseres linsenförmigen Weltsystems umspannenden Grenzbezirkes sucht Wilhelm Meyer in seiner „Lebensgeschichte der Gestirne" durch Vergleichung mit dem Anblicke zu veranschaulichen, den ein weiter, mit sehr hoch angebrachten, regelmäßig verteilten Beleuchtungskörpern besetzter Platz dem Beschauer darbietet, der sich etwa in der Mitte dieses Platzes nahe dem Boden befindet. Da sich in der Perspektive alle Maße in gleichem Verhältnisse zur Entfernung verjüngen, von zwei gleich hohen Punkten also derjenige niedriger, von zwei gleich großen Gegenständen derjenige kleiner erscheinen wird, der vom Auge des Beschauers weiter entfernt ist, bis endlich die entferntesten Gegenstände im sogenannten „Verschwindungspunkte" zum Nichts zusammen schrumpfen, so wird auch in dem hier angenommenen Falle der Beschauer die ihm zunächst stehenden über seinem Scheitel und in dessen Umgebung angebrachten Lichter einzeln und hoch über sich wahrnehmen, die entfernteren werden aber einander immer näher rücken und zugleich immer niedriger erscheinen, bis endlich ein Rand völlig in einander verschwimmender Lichtpünktchen dicht an der Ebene des Gesichtsfeldes das Bild abschließen wird. In ähnlicher Weise verhält es sich mit der Milchstraße; sie entspricht eben diesem Lichtringe am Rande des Himmelsraumes, den unser Weltsystem einnimmt. Je weiter sich das Auge des Beobachters von der Milchstraße entfernt und gegen den Pol hin abschweift, desto dünner scheinen die Sterne ausgesät zu sein, während sie sich gegen die Milchstraße hin immer mehr verdichten und schließlich für das unbewaffnete Auge in jenen bleichen Lichtschein verschwimmen, der seinen Namen dem altgriechischen Mythus aus dem Kreise der Herkulessagen verdankt, dem zufolge der genannte Heros im Säuglingsalter an der Brust der Juno so heftig nach Nahrung gesucht habe, daß diese ihn vor Schmerz losriß, worauf die Milch der Göttin sich über den Himmel ergossen habe.

Die verschiedenen Angaben, die über die Ausdehnung der Milchstraße gemacht worden sind, haben keinen wissenschaftlichen Wert, da für genauere Maßbestimmungen in jenen kosmischen Fernen zur Zeit noch alle Anhaltspunkte fehlen und überdies den bezüglichen Schätzungen Voraussetzungen zu Grunde gelegt sind, deren Richtigkeit mit Recht angezweifelt werden kann. So hat beispielsweise Herschel, von der Ansicht ausgehend, daß die Sterne gleichförmig im Raume verteilt seien, als Maßeinheit die durchschnittliche Entfernung eines Sternes erster Größe — gestützt auf die Schätzung der mittleren Parallaxe*) von Sternen

*) „Parallaxe", griechisch s. v. w. Abweichung, nennt man den Unterschied der Richtungen nach dem nämlichen Gegenstande von zwei verschiedenen Punkten aus. Betrachten wir einen Himmelskörper von zwei verschiedenen Punkten der Erdoberfläche aus, so erhalten wir an jedem dieser beiden Punkte einen bestimmten Sehwinkel. Ist nun die Entfernung der beiden Punkte von einander bekannt, so läßt sich auch der Kreuzungspunkt der beiden Sehlinien, in welchem der beobachtete Himmelskörper sich befindet, durch Rechnung finden und eine gerade Linie, von diesem Kreuzungs-

dieser Größe — angenommen und dieselbe gleich derjenigen gesetzt, die das Licht in 16 Jahren durchläuft. Eine Schätzung der Entfernung nach der Anordnung und scheinbaren Größe der Sterne hatte für ihn das Ergebnis, daß sich die Dicke der vielerwähnten Weltlinse auf 155, der Durchmesser derselben auf 850 solcher Maßeinheiten belaufe, wonach das Licht nahezu 14 000 Jahre brauchen würde, um von einem Ende des Systems zum andern zu gelangen, und etwa die Hälfte dieser Zeit, um von der äußersten Grenze derselben unsere (im Mittelpunkt dieses Weltsystems gedachte) Erde zu erreichen. Nun ist aber — ganz abgesehen von der Unzulänglichkeit unserer Hilfsmittel zur Feststellung einer Fixstern-Parallaxe — die Annahme einer gleichen Lichtkraft aller Gestirne eine rein willkürliche und wenig wahrscheinliche, und ebensowenig hat die zweite Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Himmelskörper im Kosmos eine auch nur annähernd zulängliche Begründung. Alle die Zahlenspielereien, die von mehr oder weniger wissenschaftlichen Schriftstellern vorgenommen werden, um für die Beurteilung der kosmischen Verhältnisse Anhaltspunkte zu gewinnen, sind völlig wertlos, denn abgesehen von der gänzlichen Unsicherheit der den betreffenden Abschätzungen zu Grunde liegenden Faktoren vermögen sie in keiner Weise die Anschaulichkeit kosmischer Größenverhältnisse zu erhöhen. Was nützt es z. B., wenn uns Sophus Tromholt in seiner „Reise durch den Weltenraum" sagt, daß auf der Erde jährlich 3000 Millionen Pfund Baumwolle geerntet werden und daß die Ernte von 50 Jahren erforderlich wäre, um einen Faden zu erhalten, so fein gesponnen, daß ein Lot Baumwolle für die Länge einer Meile hinreichte, der unsere Erde mit dem nächsten Fixsterne verbinden könnte? Und was nützt es, wenn er uns sagt, die Entfernung dieses nächsten Fixsternes von der Erde verhalte sich zu einer Meile, wie sich 190 000 Jahre zu einer Sekunde verhalten, und daß, wenn wir uns die Erde auf das Maß einer Erbse zusammengeschrumpft denken, der nächste Stern nach demselben verjüngten Maßstabe 1700 Meilen von uns entfernt wäre? Wir können uns doch weder von dem Umfange jener Baumwollenernte, noch von einem Zeitmaß von 190 000 Jahren, ja nicht einmal von einem Raummaße von 1700 Meilen auch nur im Entferntesten eine Vorstellung machen. Darum müssen wir demselben Schriftsteller vollkommen recht geben, wenn er mit Bezug auf kosmische Maße sagt: „Hier sind alle unsere Zahlen machtlos; was nützt es, Millionen und Billionen von Meilen zu nennen, wenn es uns an jeder Vorstellung davon fehlt, was solche Strecken eigentlich bedeuten." Wenn er aber unmittelbar daran die Bemerkung knüpft: „Es sind leicht ausgesprochene Wörter, Millionen und Billionen, aber nur wenige bedenken, daß seit Christi Geburt noch nicht viel mehr als die Hälfte einer Million Tage verflossen sind", so beweist er damit nur um so schlagender die völlige Nutzlosigkeit derartiger Veranschaulichungsversuche.

Von wissenschaftlicher Bedeutung ist dagegen das Ergebnis der von den beiden Herschel, von Struve u. a. angestellten Untersuchungen der Dichtigkeit der Sterne, aus denen hervorgeht, daß die größeren Sterne fast gleichmäßig verteilt sind, während die Anzahl der kleineren Sterne gegen die Milchstraße hin zunimmt und in der Nähe derselben 12—13mal so groß ist als am Pol. Der auf den Beobachtungen der Milchstraße hergeleiteten Sätze, daß in der Ebene derselben die Sterne zahlreicher sind als an anderen Stellen des Himmels und ihre Dichtigkeit mit der Annäherung an die Milchstraße zunimmt, sowie ferner, daß die kleineren Sterne in der Nähe der Ebene der Milchstraße verhältnismäßig zahlreicher sind als die größeren, haben wir bereits Erwähnung gethan. Diese allgemeinen Folgerungen bezeichnet Secchi als unbestreitbar, fügt indessen hinzu, daß sie, für sich allein betrachtet, kaum der großen Mühe entsprechen würden, die an ihre Gewinnung

---

punkte nach dem Mittelpunkte der Erde gezogen, giebt die gesuchte Entfernung an. Es ist einleuchtend, daß dieser Behelf für die Bestimmung der Parallaxe von Fixsternen wegen der ungeheuren Entfernung derselben von der Erdoberfläche und des winzigen Verhältnisses der letzteren zu diesen Entfernungen platterdings unzureichend ist. Die bisher — teilweise mittels sehr scharfsinniger Kombinationen — gefundenen Sternparallaxen beschränken sich auf eine sehr kleine Zahl und können nur Wahrscheinlichkeitswert beanspruchen.

gewendet worden ist. Immerhin bezeichnet er es als einen wissenschaftlichen Fortschritt, daß das Gesetz der scheinbaren Dichtigkeit der Sterne wenigstens annähernd durch Zahlen ausgedrückt ist, und daß daher die Beantwortung der Frage nach der wirklichen Verteilung der Sterne mit größerer Sicherheit in Angriff genommen werden könne.

Viertes Kapitel.

Die Doppelsterne.

Eine große Anzahl von Sternen, die sich dem unbewaffneten Auge bloß als einfache Himmelskörper zeigen, erscheinen im Fernrohr als doppelt oder mehrfach. Man nennt sie deshalb Doppelsterne oder vielfache Sterne, und zwar wird diese Bezeichnung besonders auf diejenigen von ihnen angewendet, bezüglich deren eine Zusammengehörigkeit erkannt worden ist. Diese bezeichnet man auch als physische oder wirkliche Doppelsterne, wogegen diejenigen, die nur zufällig nahezu in der gleichen Sehlinie liegen, optische oder scheinbare Doppelsterne genannt werden.

Schon im Jahre 1767 hat der englische Astronom Mitchell auf Grund einer von ihm angestellten Wahrscheinlichkeitsrechnung die Vermutung ausgesprochen, daß zwischen den Doppelsternen ein physischer Zusammenhang bestehe, oder mit anderen Worten, daß sie durch irgend eine Kraft in ähnlicher Weise mit einander verbunden sind, wie unsere Sonne mit den Planeten ihres Systems. Zur Bekräftigung dieser Vermutung bedarf es aber der genauesten Beobachtung und Berechnung. Die erstere hat ergeben, daß eine Anzahl dieser Sterne durch sehr lange Zeit ihre gegenseitige Entfernung gar nicht oder doch nur in ganz geringem Maße verändern, daß also ihre Eigenbewegung, die bei einigen dieser Sterne eine ganz beträchtliche ist, in einem gewissen gegenseitigen Zusammenhange steht. Es wäre indes, wie Secchi bemerkt, nicht ausgeschlossen, daß die Eigenbewegung dieser Sterne trotz der Verschiedenheit und wirklichen Größe derselben doch nur so geringe Unterschiede zeigt, daß dieselben mehr oder weniger der Beobachtung der Astronomen sich entziehen. Ein untrügliches Merkmal der physischen Zusammengehörigkeit von Himmelskörpern ist dagegen die Thatsache, daß zwischen ihnen ein ähnliches Verhältnis besteht, wie zwischen den Planeten und der Sonne, d. h., daß sich einer um den andern in einer den Gesetzen der Anziehungskraft entsprechenden geschlossenen Bahn bewegt. Wilhelm Herschel konnte 1802 zum erstenmale der wissenschaftlichen Welt die Thatsache verkündigen, daß zwischen verschiedenen Doppelsternen ein solches Verhältnis bestehe. So fand er beispielsweise für einen solchen im Sternbilde des Herkules eine Umlaufszeit von 36 Jahren, für einen anderen in der nördlichen Krone eine solche von 44 und für einen Doppelstern im Großen Bären eine Umlaufszeit von 63 Jahren. Mehrere von den Doppelsternen, deren Umdrehung zuerst nur aus Bruchteilen ihrer Bahn erkannt und berechnet worden war, haben seither ihre geschlossene Bahn bereits vollkommen zurückgelegt, und heute weiß man, daß von den ungefähr 10000 Doppelsternen, die bis jetzt bekannt sind, etwa der zehnte Teil in einer solchen Bewegung begriffen ist. Nur eine verhältnismäßig kleine Zahl von Doppelsternbahnen ist bis jetzt wirklich berechnet worden, und es erklärt sich dies daraus, daß sich das zu dieser Berechnung erforderliche Beobachtungsmaterial nur innerhalb großer Zeiträume gewinnen und sammeln läßt. Die bis jetzt festgestellten Umlaufszeiten der Doppelsterne sind außerordentlich verschieden; so hat man in dem kleinen Sternbilde des Equuleus (Füllen) am nördlichen Himmel neben mehreren Doppelsternen einen solchen gefunden, dessen Umlaufszeit auf nur wenige Jahre (7 oder 14) berechnet worden ist, während diejenige für den Doppelstern Kastor im Sternbild der Zwillinge auf ungefähr 1000 Jahre berechnet wird. Nach Diesterweg sind bis jetzt die Bahnen etlicher 40 Doppelsterne berechnet. In neuester

Zeit ist man durch die Spektralanalyse zu der Entdeckung gelangt, daß es auch Doppelsterne giebt, deren Umlaufszeit nur wenige Tage beträgt; ein solcher ist der Algol im Sternbild des Perseus, dessen Begleiter dunkel ist und daher den Hauptstern, so bald er verdeckend vor ihn tritt, in veränderlichem Lichte erscheinen läßt. Die ganze Periode des Lichtwechsels dieses Sternes beträgt nur 2 Tage 20 Stunden 40 Minuten und 52 Sekunden. Vogel, der neben Pickering um die Erweiterung der Kenntnis der Doppelsterne sich große Verdienste erworben hat, schließt aus dieser Erscheinung, daß es sich hier um die Umdrehung eines leuchtenden Himmelskörpers von 1700000 km Durchmesser und eines zweiten verhältnismäßig dunkeln von 1330000 km Durchmesser, die von einander 5180000 km entfernt sind, um einen gemeinsamen Schwerpunkt handle. Neuestens sind von mehreren Astronomen, namentlich von dem Amerikaner Burnham auf der Lick-Sternwarte in Kalifornien, die nächst Chicago den größten Refraktor der Gegenwart besitzt und überdies einer außerordentlich günstigen Lage auf einem Berggipfel sich erfreut, bedeutende Fortschritte in der Kenntnis der Doppelsterne erzielt worden, und Burnham hat bei vielen hellen Sternen, die bis dahin für einfache gehalten worden sind, in gleicher Weise nachgewiesen, daß sie in verhältnismäßig ganz geringen Abständen dieselben umkreisen. Ja, man ist sogar zu der Annahme gelangt, daß möglicherweise der größte Teil der Fixsterne überhaupt zu den Doppelsternen zu zählen sei, und daß sie als solche nur deshalb nicht erkannt werden können, weil ihre Komponenten, d. h. diejenigen Himmelskörper, die zusammen den Doppelstern bilden, in so geringer Entfernung von einander sich befinden. Die Zahl der vielfachen Sterne scheint ebenfalls eine sehr bedeutende zu sein; Struve zählt deren 2 fünffache, 9 vierfache und 119 dreifache auf.

Den helleren von den beiden Komponenten eines Doppelsternes nennt man Haupt- oder Centralstern; der Begleiter desselben ist meistens um ein Beträchtliches kleiner, es kommt jedoch ziemlich häufig vor, daß sich die beiden an Helligkeit ziemlich gleich stehen. In der Regel sind die Komponenten von gleicher Farbe, die aber vielfach ungleich tief ist; ungefähr der fünfte Teil der Doppelsterne zeigt verschiedene Farben, wobei es vorkommt, daß die eine die Komplementär-*) oder Ergänzungsfarbe der anderen ist. Am häufigsten erscheinen die verschiedenfarbigen Komponenten in Hellgelb und Blau, Gelb und Blau, Rot und Blau, seltener in Grün und Blau. Die hieraus sich ergebenden Effekte für ein menschliches Auge, dem der Einblick in jene fernen Welten gestattet wäre, vermöchte, wie Secchi schreibt, selbst die Einbildungskraft eines Dichters kaum in Worte zu kleiden: einen Tag, der von einer roten Sonne, eine Nacht, die von einem grünen Monde erhellt wird, oder einen Tag, an welchem zwei Sonnen in verschiedener Farbe leuchten und eine Nacht, die mit goldfarbigem Dämmerlicht beginnt und in blauem zu Ende geht. Vielleicht — fügt Secchi hinzu — können später einmal die Farben der Doppelsterne dazu dienen, um die physische Zusammensetzung derselben zu erkennen. Bis jetzt hat man diesem Gegenstande noch nicht die genügende Aufmerksamkeit zugewendet. Da die Linsen der Refraktoren die beobachteten Himmelskörper etwas grünlich, die Spiegel der Reflektoren dagegen dieselben etwas rötlich färben, so haben die verschiedenen Beobachter auch die Farben der Doppelsterne verschieden beurteilt; W. Herschel, der sich zu den Beobachtungen seiner Spiegelteleskope bediente, hat die rote Farbe bei den Doppelsternen häufig vorgefunden, während Struve, der den berühmten von Fraunhofer 1824 hergestellten Dorpater Riesenrefraktor benutzte, solche nur selten verzeichnet. Doch ist — nach Secchi — bei manchen Sternen die rote Farbe so deutlich, daß sie unzweifelhaft denselben eigentümlich ist und nicht durch das zur Beobachtung benutzte Instrument verursacht wird. Die blauen Sterne sind seltener

---

*) Komplementärfarben nennt man solche, die, wenn sie sich mit einander vereinigen, weißes Licht geben. Helmholtz stellt sie zu folgenden Paaren zusammen: rot-grünblau, orange-blau, goldgelb-blau, gelb-indigoblau, grüngelb-violett. Man sieht aus dieser Zusammenstellung, daß diese Paare sich immer aus einer reinen mit einer gemischten Regenbogenfarbe vereinigen, so daß in jedem derselben die drei einfachen Farben Gelb, Blau und Rot enthalten sind, deren Vereinigung das weiße Licht giebt.

als die roten, was sich schon aus der geringen Leuchtkraft der blauen Farbe erklärt. Am häufigsten sind jedenfalls die weißen Sterne.

Die Frage, welche die entwickelungsgeschichtliche Bedeutung der Doppelsterne sei, ist schwer zu beantworten. In den Rahmen der Kant-Laplaceschen Hypothese fügen sich dieselben nicht ohne weiteres ein, da der Größenunterschied zwischen den Komponenten in manchen Fällen ein verhältnismäßig unbedeutender, und in allen bekannten Fällen nicht so beträchtlich ist, daß man einen Vergleich zwischen diesen Doppelsternen und etwa der Sonne mit einem ihrer Planeten ziehen könnte. Nichtsdestoweniger kann das Vorhandensein einer so beträchtlichen Anzahl von Doppelsternen im Kosmos, die sich, wie bereits oben erwähnt, vielleicht noch in ganz erheblichem Maße mit dem Fortschreiten der Forschung vergrößern wird, keineswegs als ein Beweis gegen die Richtigkeit der eben genannten Hypothese geltend gemacht werden. Wie wir unter den Krystallen und den organischen Keimen neben einfachen auch Zwillingsgebilde finden, so können auch bei der Verdichtung der Urnebelmassen statt eines Centralkörpers deren mehrere gebildet werden, wie wir dies schon bei den Sternnebeln gesehen haben; eben so gut können hier die Zwillingsgebilde gegenüber den einfachen die Mehrzahl bilden, in welchem Falle unsere Sonne als einfacher Centralkörper zu den selteneren kosmischen Gebilden zählen würde. Uebrigens liegt auch kein Grund zu der Annahme vor, daß bei der Bildung der Planeten nach der Kant-Laplaceschen Hypothese — also durch Abtrennung eines Teiles der Masse vom Centralkörper unter der Einwirkung der Centrifugalkraft — der Unterschied des beiderseitigen Volumens unter allen Umständen ein so beträchtlicher sein müsse, wie dies hinsichtlich der Planeten im Vergleiche zur Sonne thatsächlich der Fall ist. In den zahlreichen Fällen, wo bei Doppelsternen der eine Komponent (der Hauptstern) den andern (den Begleiter) an Größe bedeutend übertrifft, wäre die Annahme nicht ausgeschlossen, daß es sich hier um die Bildung eines Planeten handle, der vielleicht in dem System vereinzelt geblieben ist, etwa in der Weise, wie unsere Erde im Gegensatz zu den anderen Planeten unseres Sonnensystems nur einen einzelnen Trabanten aufzuweisen hat.

Fünftes Kapitel.

Die veränderlichen Sterne.

Viele Fixsterne leuchten nicht immer in gleichem Glanze, sondern ihre Lichtstärke wechselt entweder in regelmäßigen Perioden mehr oder weniger gleichmäßig, oder auch in unregelmäßigen Zeiträumen und in ungleichem Maße. Man nennt diese Sterne veränderliche und zählt zu ihnen auch diejenigen, die plötzlich an einer Stelle des Himmels erscheinen, wo bis dahin kein Stern gesehen worden war, um nach längerer oder kürzerer Zeit wieder zu verschwinden. Diese Sterne werden auch temporäre oder — entsprechend ihrem plötzlichen Auftreten — neue Sterne genannt. Der älteste Stern dieser Art, von welchem die Wissenschaft Kunde giebt, ist von dem griechischen Astronomen Hipparch (vergl. S. 29) im Jahre 125 v. Chr. gesehen worden und soll ihn nach den Aufzeichnungen des Plinius zur Aufstellung seines Sternkatalogs veranlaßt haben. Wahrscheinlich ist es derselbe Stern, der nach den chinesischen Annalen im Jahre 134 v. Chr. im Sternbilde des Skorpion plötzlich in lebhaftem Glanze sichtbar geworden ist. In dem benachbarten Sternbilde des Schlangenträgers sah man im Jahre 123 n. Chr. einen neuen Stern aufleuchten und 7 Jahre später erschien — mutmaßlich an der gleichen Stelle — ein solcher. Von einem Sterne, der im Jahre 173 im Sternbilde des Centauren aufleuchtete und der durch 8 Monate sichtbar blieb, wird gemeldet, daß er nach einander in fünf Farben strahlte. Im 4. Jahrhundert n. Chr. wurde das Schauspiel des Erscheinens neuer Sterne wiederholt beobachtet, doch blieben dieselben immer nur kurze Zeit — wenige Wochen oder

Monate — sichtbar. Die arabischen Astronomen berichten von einem Stern, der in der ersten Hälfte des 9. Jahrhunderts plötzlich erschienen sei und durch 3 Monate mit der Helligkeit des Mondes im ersten Viertel geleuchtet haben soll. Auch das 10. und 11. Jahrhundert hatten ihre neuen Sterne, das 13. deren sogar vier; es trat dann eine Pause von drei Jahrhunderten ein, während welcher die Astronomen nichts von derartigen Erscheinungen zu melden wußten, bis im Jahre 1572 der von Tycho Brahe beobachtete neue Stern (vergl. S. 46) eine neue Reihe solcher Erscheinungen eröffnete. Im Jahre 1600 erschien ein Stern dritter Größe im Sternbild des Schwanes, der bis zum Jahre 1621 sichtbar blieb, 1655 von Dominik Cassini neuerdings beobachtet wurde, dann wieder verschwand und bei abermaligem Erscheinen in den Jahren 1665, 1677 und 1682 seine ursprüngliche Größe nicht mehr erreichte, seither aber als Stern sechster Größe sichtbar geblieben ist. In demselben Sternbilde befindet sich ein anderer veränderlicher Stern, der als solcher bereits 1686 von Kirch erkannt worden ist und dessen Lichtstärke in Perioden von 406 Tagen zwischen der vierten und dreizehnten Größe schwankt. (Ein dritter neuer Stern wurde im Schwan vom Direktor Schmidt der Athener Sternwarte im Jahre 1876 als Stern dritter Größe gefunden, doch nahm die Lichtstärke desselben sehr rasch ab.) Im Fuße des Schlangenträgers wurde 1604 (zur Zeit Keplers) ein neuer Stern beobachtet, der anfangs beinahe mit der Helligkeit der Venus strahlte, nach Verlauf von 5 Monaten aber bereits bis zur dritten Größe herabgesunken war und Anfang 1606 wieder spurlos verschwand. Seither wurde kein neuer Stern von ähnlicher Größe beobachtet, und nachdem 1690 von europäischen Missionen in Peking ein solcher im Sternbild des Schützen gefunden worden war, über welchen indes keine genaueren Nachrichten vorliegen, trat überhaupt eine Pause von mehr als anderthalb Jahrhunderte währender Dauer ein, die erst im denkwürdigen Jahre 1848 durch das Erscheinen eines neuen Sternes von roter Farbe unterbrochen wurde. Aehnlich wie das „rote Jahr" selbst verlor auch dieser Stern, der ursprünglich in fünfter Größe erschienen war, sehr rasch an Glanz und ist gegenwärtig zur elften Größe zusammengeschrumpft und immer noch im Abnehmen begriffen. In unserer Zeit ist infolge der Vervollkommnung der Fernrohre, der Vermehrung und regelmäßigen Benutzung der Sternwarten und namentlich der Anwendung der Himmelphotographie die Entdeckung und Beobachtung solcher plötzlich aufleuchtender Sterne nichts Seltenes mehr. So war in Deutschland jüngst ein neuer Stern im Sternbilde des Fuhrmanns gut zu beobachten, der an früher ganz leerer Stelle plötzlich als Stern fünfter Größe erschienen war und dann bis zur elften Größe eingeschrumpft ist, in welch verjüngter Gestalt er mittels starker Fernrohre noch heute beobachtet werden kann. Im März und April 1898 wurden acht photographische Aufnahmen des Himmels auf der Sternwarte des Harvard College in Cambridge in Nord-Amerika gemacht, die im Sternbild des Schützen einen neuen Stern zeigten, der auf 80 früher in derselben Gegend exponierten Platten fehlte, obgleich diese Platten Sterne bis zur fünfzehnten Größe zeigten. Der neue Stern war auf der ersten der erwähnten acht Platten fünfter, auf der letzten etwa sieben Wochen später aufgenommenen jedoch nur noch achter Größe. Später nahm der Stern bis zur zehnten Größe ab, ist aber noch immer sichtbar und wird vielleicht wie viele andere neue Sterne als ganz schwacher Stern — wenigstens nach menschlicher Rechnung — dauernd sichtbar bleiben.

Als sich im Mai 1866 im Sternbild der Krone plötzlich ein neuer Stern zweiter Größe zeigte, war die Spektralanalyse bereits in die Astronomie eingeführt worden und wurde zur Untersuchung dieses Sternes angewendet. Sein Spektrum ließ deutlich die hellen Wasserstofflinien neben anderen schwächeren erkennen und zeigte zugleich einen hellen Untergrund, der ähnlich wie das Sonnenspektrum von dunklen Fraunhoferschen Linien durchzogen war. Schon in zwölf Tagen sank dieser Stern von der zweiten bis zur sechsten und später bis zur achten Größe herab. Als Secchi von dem Erscheinen dieses Sternes erfuhr, leuchtete er schon sehr schwach, doch konnte der Genannte die Anwesenheit der gleich zu Anfang von Huygens gefundenen hellen Linien bestätigen. Dieselben beweisen, daß die plötzliche Lichterscheinung dieses Sternes durch das gewaltige Aufflackern eines Riesenbrandes

von kurzer Dauer verursacht worden ist; während desselben durchlief der Stern, wie Secchi schreibt, alle Stufen der Weißglut, flammte bis zur zweiten Größe auf und sank dann allmählich wieder bis zur achten Größe herab. Die einzelnen Stufen der Lichtabnahme konnten bequem beobachtet werden, was aber hinsichtlich der Entstehung und Zunahme des Brandes nicht der Fall ist; zu vermuten steht, daß das Elementarereignis, welches dieser Erscheinung zu Grunde liegt, plötzlich und mit intensiver Gewalt aufgetreten ist.

Der bereits erwähnte, von Schmidt in Athen gefundene neue Stern im Schwan hatte ein Spektrum, das aus hellen Linien und Dunkelzonen zusammengesetzt war und die Merkmale des Wasserstoffes, des Magnesiums und des Natriums oder Heliums*) erkennen ließ. Andere helle Linien in seinem Spektrum waren zweifelhaften Ursprunges, auch der Charakter der Zonen wegen der alten geringen Lichtstärke schwer zu bestimmen. Der Grund des Spektrums schien vorübergehend schwach erhellt, auch zeigten sich sonst noch Abweichungen. Immerhin war die Aehnlichkeit der Spektra dieses und des neuen Sternes von 1866 unverkennbar, und die hellen Linien in demselben weisen auf heftige Brände hin.

Tycho Brahe und Kepler glaubten in den neuen Sternen, die sie zu beobachten Gelegenheit hatten, die Neuentstehung von Himmelskörpern erblicken zu sollen, die sie sich durch die Zusammenballung von Nebelmassen der Milchstraße verursacht dachten. Nach der heutigen Auffassung handelt es sich dabei — wie auch Secchi dies annimmt — um plötzliche, mächtige Ausbrüche glühenden Wasserstoffgases, auf deren überwiegendes Vorhandensein die betreffenden Linien des Spektrums deutlich hinweisen; in einzelnen Fällen mag wohl auch das Aufeinanderplatzen oder Ineinanderstürzen dreier Himmelskörper und die damit verbundene ungeheure Wärmeentwickelung die Ursache dieser Erscheinung sein. Anders verhält es sich bei denjenigen veränderlichen Sternen, die wir als periodisch oder irregulär veränderliche bezeichnen.

Es giebt eine große Zahl von Fixsternen — und zwar sind es in überwiegendem Maße rotleuchtende — die in regelmäßigen Zeitabständen ihren Glanz ändern. Als einen der bekanntesten von ihnen führt Secchi den mit dem griechischen Buchstaben Omikron bezeichneten Stern Mira im Sternbilde des Walfisches an. Der Name Mira (der „Wunderbare") wurde ihm von seinem Entdecker Fabricius mit Bezug auf seinen Lichtwechsel gegeben, der zu jener Zeit eben noch als ein Wunder galt; während einer Periode von 331 Tagen 8 Stunden nimmt sein Glanz, der demjenigen von Sternen zweiter Größe entspricht, allmählich bis zur Unsichtbarkeit ab. Diese Periode der Abnahme dauert etwa drei Monate, dann folgt eine fünfmonatliche Zeit annähernder oder vollkommener Unsichtbarkeit und hierauf wieder eine dreimonatliche Periode der Zunahme. Zur Zeit seiner größten Lichtstärke ist er gelb und zeigt ein gestreiftes Spektrum des dritten Secchischen Typus (vgl. S. 76). Bei abnehmendem Lichte nimmt er eine rötliche Färbung an, und die wichtigsten von den hellen Linien seines Spektrums bleiben zwar erhalten, werden aber sehr fein. Secchi bezeichnet das Spektrum dieses Sternes zur Zeit seiner Lichtstärke als das schönste, das man sich denken kann. Gegen das Rotglühen sind die hellen Linien breiter und lebhafter, und bei Anwendung eines cylindrischen**) oder

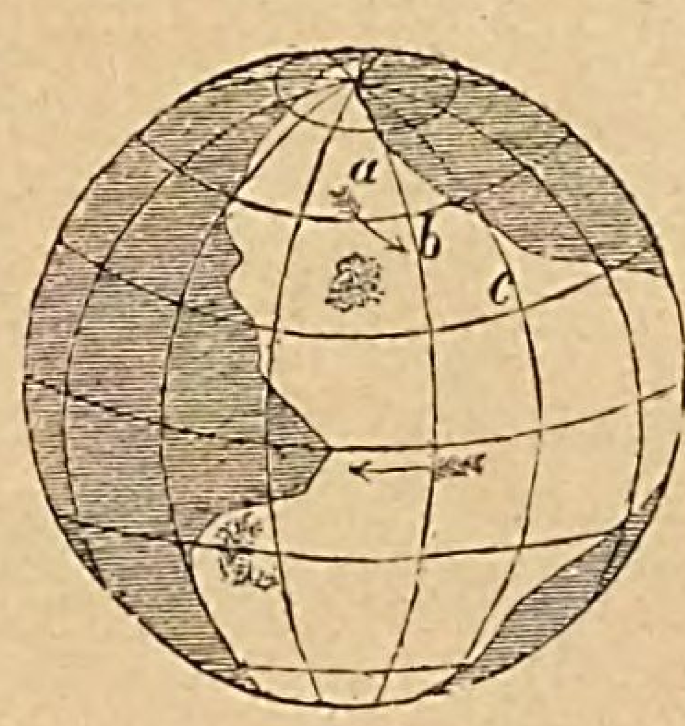
*) Helium, nach dem griechischen Sonnengotte Helios so genannt, ist ein indifferentes, elementares Gas von ungefährem doppelten specifischen Gewichte des Wasserstoffes, das zuerst im Spektrum der Sonnenchromosphäre (der aus glühenden Gasen und Metalldämpfen zusammengesetzten eigentlichen Atmosphäre der Sonne) nachgewiesen worden ist und durch eine Doppellinie in Gelb charakterisiert wird, die erst in neuerer Zeit im Spektrum irdischer Stoffe nachgewiesen worden ist. Während das Helium ursprünglich für ein der Sonne eigentümliches Element gehalten wurde, nimmt man jetzt an, daß es aus zwei verschiedenen Gasen gemischt ist, die sich in chemischer Beziehung sehr ähnlich sind. Die Heliumlinien finden sich im Spektrum vieler Sterne.

**) Cylinder nennt man geometrische Körper, deren Grundflächen Kreisscheiben sind. — Cylindrische Linsen haben die Gestalt von Cylindern von geringer Höhe und besitzen die Eigenschaft, die durch sie betrachteten Gegenstände nur in einer Richtung zu vergrößern. Im Spektroskop erscheint der beobachtete Stern in Gestalt einer feinen Linie in den entsprechenden Farben, die durch die Cylinderlinse vergrößert und dadurch deutlicher sichtbar wird. Sphärische Linsen nennt man solche, deren Oberfläche sphärische (kugelförmige) Gestalt hat.

starken sphärischen Okulars kann man sämtliche Linien zählen. Die Zonen sind zerlegt und machen den Eindruck der Schattierung einer Säulenreihe in einem Kupferstich.

Man erklärt die periodische Veränderung der Sterne dieser Art dadurch, daß der Stern während der Umdrehung um seine Achse bald seine hellleuchtende, bald seine von Flecken (ähnlich den Sonnenflecken) bedeckte Seite dem Beobachter zuwendet. Andere nehmen periodische Ausströmungen von Dämpfen als die Ursache der Verdunkelung an. Bei einzelnen Sternen, wie dem Algol (vgl. S. 111), erscheint die Verdunkelung durch den vortretenden dunklen Körper so gut wie sicher. Entwickelungsgeschichtlich ist diejenige Art von Verdunkelung von besonderer Bedeutung, die durch abwechselndes Erscheinen hellerer und dunklerer Teile des veränderlichen Sternes infolge seiner Umdrehung verursacht wird; denn hier haben wir es wahrscheinlich mit einer beginnenden Erstarrung des betreffenden Himmelskörpers zu thun.

W. Meyer sucht in seiner „Lebensgeschichte der Gestirne" diesen Vorgang durch die hier wiedergegebene Abbildung zu veranschaulichen. Auf Sonnen einer vorgerückten Altersstufe werden sich, wie der Genannte ausführt, die Wirkungen der Abkühlung nicht nur als dunkle Wolken oder verhältnismäßig geringfügige Schlackenbildungen kundgeben, sondern es werden auf der glühend flüssigen Oberfläche große schwimmende Inseln aus Lava und durch die Aufstauung derselben endlich ganze Kontinente entstehen, deren dunkle Flecken gegen das strahlende Glutmeer scharf kontrastieren. Ist nun ein solcher Körper in eine so große Entfernung gerückt, daß er uns nur als leuchtender Punkt, d. h. also als ein Fixstern erscheint, so wird sich während seiner Umdrehung um die eigene Achse sein Licht von unserem Standpunkte aus in regelmäßigen Zwischenräumen ändern, je nachdem er uns sein glühend flüssiges Meer oder seine dunklen Kontinente zuwendet. Die Richtung a b c mit dem Pfeil in der Zeichnung soll andeuten, wie sich die noch zähflüssigen Massen der Kontinente wegen des Umschwunges des Gestirnes um seine Achse notwendig von den Polen nach dem Aequator hindrängen müssen. Es entstehen dadurch fortwährende Verschiebungen und Veränderungen der Form dieser Kontinente, wodurch dann gleichzeitig die Periode des Lichtwechsels dieser Sterne Veränderungen unterworfen sein muß. Hierdurch charakterisiert sich dieser Typus der veränderlichen Sterne, namentlich aber auch durch den Umstand, daß auf diesen natürlich auch mehrere Kontinente von verschiedener Ausdehnung zugleich existieren können, wodurch ein in regelmäßigen Zwischenräumen sich wiederholendes stärkeres und schwächeres Aufflackern während einer und derselben Periode des Lichtwechsels auf unserem Standpunkte beobachtet werden muß.



Oberfläche eines veränderlichen Sternes.

Auch unsere Sonne ist ein veränderlicher Fixstern; wir werden später sehen, daß die Flecken auf derselben sowie die an ihrem Umfange bei Sonnenfinsternissen bemerkbaren Protuberanzen wahrscheinlich nichts Anderes sind als die Symptome (Anzeichen) von heftigen Ausbrüchen, die aber aus bisher noch unaufgeklärten Gründen mit einer gewissen Regelmäßigkeit erfolgen und an eine von R. Wolf auf $11^1/_9$ Jahre berechnete Periode gebunden sind. Zur Zeit der Fleckenarmut macht sich in den Tropen eine größere Wärmeausstrahlung der Sonne bemerkbar als in der Zeit der Fleckenhäufigkeit, in welcher die Sonne nur etwa zwei Tage im ganzen Jahre völlig fleckenfrei ist.*) Zöllner will auch in den Sonnenflecken Schlackenbildungen erblicken; doch wäre, wenn dies zuträfe, das periodenweise Auftreten derselben schwer und jedenfalls nicht aus der Rotation der Sonne zu erklären.

*) In Zeiten der Fleckenarmut sind 100 bis 200 Tage des Jahres fleckenfrei.

Sechstes Kapitel.

Das Gesamtbild des Sternenhimmels.

Wir haben in den vorhergegangenen Kapiteln den Sternenhimmel auf die einzelnen Entwickelungsformen hin betrachtet, in denen uns derselbe die kosmischen Körper zeigt, und wollen nun versuchen, ein Gesamtbild des Universums zu skizzieren, zunächst, wie sich dasselbe in seinen großen Gruppen dem Auge des Beobachters darstellt. Es ist schon erwähnt worden, daß der Kosmos als eine Hohlkugel zur Anschauung kommt, an deren Wölbung die Gestirne gleichsam befestigt erscheinen. Der Beobachter bekommt immer nur eine Hälfte dieser Hohlkugel zu sehen, die je nach seinem Standpunkte wechselt. Der Astronom zieht aber nur eine Teilung des Himmelsgewölbes in der Richtung des Weltäquators in Betracht, die in der gleichen Ebene mit dem Erdäquator gelegen ist, und unterscheidet danach einen nördlichen und einen südlichen Himmel. Den Scheitelpunkt jeder dieser Himmelshalbkugeln ist einer der Pole der Weltachse, die gleichfalls in der gleichen Ebene mit der Erdachse liegend gedacht wird. Unsere Sternkarte beschränkt sich auf die nördliche Himmelshalbkugel, auf der wir nun eine Rundschau halten wollen. Zur leichteren Zurechtfindung in dem scheinbar regellosen Gewirre des Sternenhimmels hat man schon von alters her einzelne Gruppen von Gestirnen zu sogenannten Sternbildern zusammengezogen und diese mit Namen belegt, die entweder Gegenstände bezeichnen, die in ihren Umrissen eine gewisse Aehnlichkeit mit den betreffenden Sternbildern zeigen, oder die aus der Mythologie oder anderen Gebieten menschlichen Wissens und Denkens entlehnt sind. Diese Gruppierung ermöglichte in einfacher Weise die Benennung der einzelnen Sterne, indem man sie innerhalb des Sternbildes, dem sie angehören, mit fortlaufenden Buchstaben bezeichnete, und höchstens den hervorragendsten noch eigene Namen gab. Für die Schiffahrt, deren wichtigstes Orientierungsmittel die feststehenden Sternbilder und einzelne Fixsterne sind, war diese Gruppeneinteilung ein unabweisbares Bedürfnis, da sie es dem Seefahrer ermöglicht, sich mit Bezug auf die Himmelsrichtung, in der er seinen Kurs zu nehmen hat, selbst ohne Kompaß leicht zurechtzufinden. Auch für den Laien sind die Sternbilder sichere Wegweiser zur Orientierung am Himmel, wenn er nur einige Uebung darin erlangt hat, ihre Gestalt und gegenseitige Lage seinem Gedächtnisse einzuprägen.

Zunächst mögen hier einige allgemeine Eigenschaften der Fixsterne besprochen werden. Der Name ist vom lateinischen stellae fixae abgeleitet und bedeutet s. v. w. feste Sterne, d. h. solche, die ihre gegenseitige Stellung am Himmel nicht verändern, im Gegensatze zu den Planeten, die sich um Fixsterne bewegen und von denen diejenigen unseres Sonnensystems — die einzigen, die für uns überhaupt sichtbar sind — weite Bahnen am Himmel beschreiben. Die Bewegung der Doppelsterne, von denen im vierten und teilweise auch im fünften Kapitel die Rede war, kommen hier nicht in Betracht, weil sie als astronomische Einheiten anzusehen sind. Die Fixsterne scheinen in einer fortwährenden Bewegung in der Richtung von Osten nach Westen begriffen zu sein, die aber nichts Anderes ist, als die Bewegung der Erde selbst um ihre Achse. Infolge dieser Bewegung gehen die von den Polen entfernter gelegenen Sterne auf und unter, die näher an denselben gelegenen beschreiben größere oder kleinere Kreise am Himmel, und am nördlichen Himmel ist es nur der dem Weltpole am nächsten gelegene sogenannte Polarstern, der fast ganz stille zu stehen scheint. Eine anderweitige gleichfalls nur scheinbare Bewegung der Fixsterne hängt mit der Bewegung der Erde um die Sonne zusammen, und infolge derselben ändert sich zu einer bestimmten Stunde der Stand der Sterne in der Weise, daß er jeden Tag um vier Minuten früher als am vorhergegangenen Tage wiederkehrt, nach Ablauf eines Jahres aber genau auf dieselbe Stunde fällt wie im Jahre zuvor. Selbst in den größten Fernrohren zeigen sich die Fixsterne nicht als runde Scheiben, wie die Planeten unseres Sonnensystems

(mit Ausnahme der Asteroiden, auf die wir später zu sprechen kommen werden), oder wie die Satelliten (Monde) derselben, sondern nur als leuchtende Punkte, die in den stärkeren Fernrohren dem Auge zwar näher gerückt erscheinen, nichtsdestoweniger aber keine bestimmte Form annehmen. Die Ursache dieser Erscheinung ist auf die ungeheure Entfernung der Fixsterne zurückzuführen, die selbst bei den nächsten Sternen so groß ist, daß das Licht mehrere Jahre braucht, um trotz seiner Schnelligkeit von 40000 Meilen in der Sekunde zu uns zu gelangen. Der Mangel an der sichtbaren Flächen- bezw. körperlichen Ausdehnung bringt es selbstverständlich mit sich, daß wir von der wirklichen Größe der Fixsterne nichts Bestimmtes wissen und nur vermuten können, daß sie im Allgemeinen an Größe unserer Sonne gleichkommen, teilweise dieselbe noch weit übertreffen. Die Annahme der älteren Astronomen, daß die Leuchtkraft der Sterne weniger von ihrer Größe als von ihrer Entfernung von der Erde abhänge, ist durch die Thatsache widerlegt, daß sich gerade bei vielen der hellsten Sterne deren Entfernung von der Erde als außerordentlich groß erwiesen hat, während man von einigen schwach leuchtenden Sternen weiß, daß sie der Erde verhältnismäßig nahe stehen. Wenn man daher die Sterne in verschiedene Größenklassen einteilt, so bezieht sich dies nur auf ihre Helligkeit. Man bezeichnet als Sterne erster Größe nur 19 Sterne, von denen der Sirius der hellste ist. Die Sterne zweiter bis sechster Größe nehmen in ihrem Helligkeitsverhältnis jeweilen um das Zweieinhalbfache von der nächst höheren Größenklasse ab, so daß also ein Stern zweiter Größe etwa zweieinhalbmal mehr Licht als einer dritter Größe spendet. Die Sterne sechster Größe sind gerade noch mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar; die übrigen werden nur im Fernrohr sichtbar, und man teilt sie nach verschiedenen Skalen ein, die von Herschel eingeführte und in England noch jetzt gebräuchliche Größenskala reicht bis zu Sternen zwanzigster Größe, deren Helligkeit demjenigen Sterne dreizehnter bis vierzehnter Klasse Argelanders*) und derjenigen zwölfter Klasse Struves entspricht.

Während die Zahl der auf der ganzen Himmelskugel für das unbewaffnete Auge sichtbaren Fixsterne auf rund 6000 angegeben wird, schätzt man diejenige der in den stärksten Fernrohren sichtbaren auf hundert Millionen. Mit abnehmender Größe nimmt die Zahl der einer und derselben Größenklasse angehörigen Sterne stetig zu, und zwar in der Weise, daß jede folgende Klasse durchschnittlich das Dreifache der Zahl der vorhergehenden enthält. Für die Sterne erster bis sechster Größe stellt Newcomb folgende Zahlen auf:

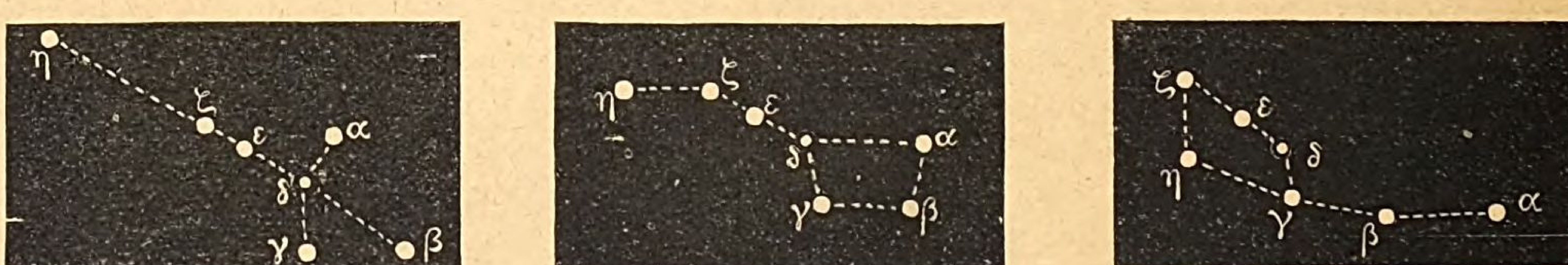
Von Größe	1	zählt man		19	Sterne,
" "	2	"	"	65	"
" "	3	"	"	200	"
" "	4	"	"	490	"
" "	5	"	"	1400	"
" "	6	"	"	4900	"

Die Zahl der Sterne vierzehnter Größe giebt Newcomb auf 585000 an.

Die Verschiedenheiten der Spektra der Fixsterne, von denen bereits in früheren Kapiteln die Rede gewesen ist, und nach denen Secchi seine Sterntypen aufgestellt hat, weisen auf bedeutende Unterschiede der Temperatur und der Dichtigkeit der Gestirne hin, lassen aber zugleich erkennen, daß ihre chemische Zusammensetzung der Himmelskörper im großen Ganzen derjenigen unserer Sonne nahesteht. Die vorherrschenden Bestandteile der Fixsterne, wie sie durch die Spektralanalyse festgestellt erscheinen, sind Wasserstoff, Natrium, Magnesium und Eisen, also durchweg Stoffe, die auch auf der Erde vorkommen; nur einige der Fixsternspektren lassen auf das Vorhandensein von Stoffen schließen, die uns unbekannt sind. Die Bezeichnung Fixsterne ist insofern nicht genau zutreffend, als zahlreiche dieser Himmelskörper eine wenn auch nur scheinbar sehr unbedeutende Eigenbewegung zeigen.

*) Friedr. Wilh. Aug. Argelander (1799—1875) war zuletzt Direktor der von ihm 1845 eingerichteten Sternwarte zu Bonn und hat sich namentlich durch seinen „Atlas des nördlichen gestirnten Himmels" und seine Beobachtungen auf dem Gebiete der veränderlichen Sterne um die Wissenschaft hoch verdient gemacht.

Die größte der bis jetzt festgestellten Eigenbewegungen beträgt jährlich nur 7,05 Sekunden, und man kennt noch nicht hundert Sterne, bei denen die Eigenbewegung bis zu einer Sekunde jährlich reicht. Die größte Eigenbewegung von den für die nördliche Erdhälfte sichtbaren hellen Sternen haben Arcturus (2,26 Sekunden jährlich), Procyon (1,33 Sekunden) und Sirius (1,25 Sekunden), da die wahrscheinliche Ursache der Eigenbewegung der Fixsterne in einer wirklichen Bewegung derselben im Raume, sowie in der gleichfalls im Raume fortschreitenden Bewegung unseres eigenen Sonnensystems zu suchen ist, so darf wohl angenommen werden, daß allen Fixsternen eine solche Bewegung eigen ist, daß sich aber dieselbe ihrer scheinbaren Kleinheit halber bei der großen Mehrzahl der für uns überhaupt sichtbaren Gestirne der Wahrnehmung entzieht. In Beziehung auf die Eigenbewegung der Fixsterne und der Gesetze, nach denen sich dieselbe vollzieht, stehen noch viele Fragen offen, so diejenige, ob diese Bewegungen für besondere kosmischen Gruppen sich selbständig vollziehen oder ob sie zusammen nur ein einziges großes Ganzes bilden, ob ferner die Bewegung von einem oder von mehreren Centralkörpern beherrscht wird, wie dies vom Sirius, vom Nebelfleck im Sternbild des Orion und von den Plejaden bezw. dem Stern Alkyone in diesem Sternbilde angenommen wurde, oder ob, wie die heutigen Astronomen anzunehmen geneigt sind, solche Centralsonnen nicht existieren. Wir wissen indes, daß eine Anzahl von Fixsternen unserem Sonnensystem sich nähern, während andere sich von demselben entfernen.



I. Vor 50 000 Jahren. II. Gegenwärtig. III. Nach 50 000 Jahren.

Gruppierung der Gestirne des Großen Bären.

Das Mittel zu dieser Erkenntnis bot die Spektralanalyse. Man hat nämlich beobachtet, daß sich im Spektrum einer Lichtquelle die einzelnen Linien nach der einen oder der anderen Seite verschieben, je nachdem die Lichtquelle sich dem Beobachter nähert oder von ihm sich entfernt. Hierauf gestützt, ist es dem Direktor Vogel des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam gelungen, durch photographische Aufnahmen von Sternspektren und Vergleichung der Lage ihrer Linien mit derjenigen von Spektren irdischer Stoffe nicht nur die Richtung der Bewegung, sondern auch die Geschwindigkeiten derselben zu bestimmen. Es geht aus seinen Beobachtungen hervor, daß zu den Sternen, die sich unserem Sonnensysteme nähern, der Arcturus, die Vega, der Pollux und der Stern α im Großen Bären, unter denjenigen, die sich entfernen, Sirius, Regulus, Procyon und Capella befinden. Von den sieben Hauptsternen des Großen Bären entfernen sich fünf von unserem Sonnensystem und erweisen sich durch die Gleichheit ihrer Eigenbewegung als eine zusammengehörige Gruppe, während die beiden anderen in dieser Beziehung sich von ihnen völlig absondern und auch (nach Huggins) ganz andere Spektra zeigen als jene. Infolge dieser Umstände muß im Laufe langer Zeiträume eine bedeutende Veränderung im Aussehen dieses Sternbildes eintreten, und Flammarion hat in der obenstehenden Skizze ein Bild des Großen Bären gegeben, wie er vor fünfzigtausend Jahren aussah und wie er nach weiteren fünfzigtausend Jahren seine (im Mittelbilde gegebene) gegenwärtige Gestalt verändert haben wird.

Wir wollen nun unsere Rundreise am Sternenhimmel antreten. Die diesem Buche (S. 128/129) beigegebene Sternkarte, die uns dabei als Wegweiser dienen wird, kann ihres kleinen Maßstabes halber nur eine allgemeine Uebersicht gewähren und dem Laien die

Möglichkeit bieten, sich in der Sternenwelt zu orientieren und die Lage und hauptsächliche Gestalt der Sternbilder dem Gedächtnis einzuprägen. Sie zeigt uns auch nur den nördlichen Himmel mit den nächstgelegenen Grenzgebieten des südlichen, da wohl nur die wenigsten unserer Leser Gelegenheit haben dürften, diesen letzteren zu beobachten.

Zu besserer Orientierung am Himmel überhaupt, sowie zur Erleichterung des Ueberblicks über den Zusammenhang und die gegenseitige Stellung der Sternbilder dienen die eingezeichneten Hilfslinien. Um den als Nordpol bezeichneten und durch den Polarstern markierten Mittelpunkt der Karte sind concentrische Kreise gezogen, die durch 12 von demselben Mittelpunkte ausgehende Strahlenlinien durchschnitten werden. Die äußerste der concentrischen Kreislinien ist der Himmelsäquator, der in der gleichen Ebene mit dem Erdäquator liegt und das als Hohlkugel gedachte Himmelsgewölbe in eine nördliche und eine südliche Hälfte teilt. Die anderen concentrischen Kreise sind nichts Anderes als die Projektion (Uebertragung) der irdischen Parallelkreise auf das Himmelsgewölbe, und zwar sind wegen der Kleinheit der Karte nur der 60. und 30. Parallelkreis nördl. Br. sowie die Wendekreise des Krebses und Steinbockes (23 Grad 27 Min. nördl. und südl. Br.) eingezeichnet, da sie bei diesem Maßstabe zur Orientierung völlig genügen. Die vom Pol ausgehenden Strahlenlinien entsprechen den irdischen Meridiankreisen für je zwei Stunden oder 30 Graden des ganzen Umkreises. Sie sind am Rande der Karte mit römischen Zahlen von I bis XXIV bezeichnet, doch stehen hier bei den ungeraden Zahlen nur Marken an der Stelle, wo die (hier fehlende) Strahlenlinie den Rand durchschneiden würde. Diese Strahlenlinien müssen wir uns natürlich als Bogenlinien denken, die das Himmelsgewölbe in der gleichen Weise durchschneiden, wie dies bei den Meridiankreisen der Erde mit Bezug auf die Erdoberfläche der Fall ist. Man nennt diese Bogenlinien auch Stundenkreise, weil alle Sterne, die in demselben Kreise stehen, gleichzeitig durch den Meridian eines bestimmten Ortes stehen und weil die 24 Bogen den ganzen Umkreis des Himmelsgewölbes in gleiche Abschnitte einteilen, deren Summe der einmaligen Umdrehung der Erde um ihre Achse, also der scheinbaren Umdrehung des ganzen Himmelsgewölbes um diese letztere während eines Tages, entspricht. Diese scheinbare Umdrehung kann sich natürlich nur auf die wirkliche der Erde um ihre Achse beziehen, und die Achse, um welche das Himmelsgewölbe sich zu drehen scheint, muß daher mit der Erdachse zusammenfallen. Wenn wir uns diese letztere durch beide Pole hindurch verlängert denken, so muß sie die Himmelspole treffen; diese letzteren nennt man auch Wendpole, und zwar wird der von der nördlichen Erdkugel aus sichtbare der nördliche, der ihm entgegengesetzte der südliche Welt- oder Himmelspol genannt.

Außer den concentrischen Kreisen sehen wir auf unserer Sternkarte noch einen excentrischen, in der Projektion unserer Karte die Gestalt einer Ellipse annehmenden Kreis, der einerseits den Wendekreis des Steinbockes, andererseits denjenigen des Krebses berührt. Er stellt die Ekliptik dar, d. h. den Umfang derjenigen durch die Erdkugel und deren Mittelpunkt gelegten Kreisfläche, die in einer Ebene mit der Erdbahn liegt. Stünde die Erdachse senkrecht auf die Ebene der Bahn, die die Erde um die Sonne beschreibt, so würde die vom Aequator umschriebene Kreisfläche mit dieser zusammenfallen; da aber, wie schon S. 47 erwähnt, die Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn geneigt ist, so ist es die Ekliptik, die mit dieser zusammenfällt. Die Schnittpunkte von Aequator und Ekliptik fallen in denjenigen Stundenkreis, der auf der Karte die Punkte XII und XXIV miteinander verbindet. Der in den 24. oder Null-Stundenkreis fallende Schnittpunkt bezeichnet den Punkt der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche (Frühlingsäquinoctial-Punkt), der in den 12. Stundenkreis fallende denjenigen des Herbstäquinoktiums. Der die Punkte XII und XXIV verbindende Kreis wird Kolur der Tag- und Nachtgleichen, der zu diesem in einem Winkel von 90 Grad stehende, die Punkte VI und XVIII verbindende Kolur der Sonnenwende genannt, weil in ihm die Berührungspunkte der Ekliptik mit den Wendekreisen des Krebses und Steinbockes liegen, die einerseits den Zeitpunkt des längsten Tages, andererseits denjenigen der längsten Nacht (Sommer- und Wintersonnenwende)

bezeichnen. Im äußeren Rande unserer Karte sind die Monate des Jahres mit ihren Anfangs- und Schlußtagen verzeichnet, und man sieht hier, daß der Frühlingspunkt in die Zeit um den 20. März, die Sommersonnenwende in dieselbe Zeit des Juni, der Herbstanfang (Herbstäquinoctium) in die Zeit um den 20. September und die Wintersonnenwende (Winter-Solstitium, Winteranfang) um dieselbe Zeit des Dezember fällt.

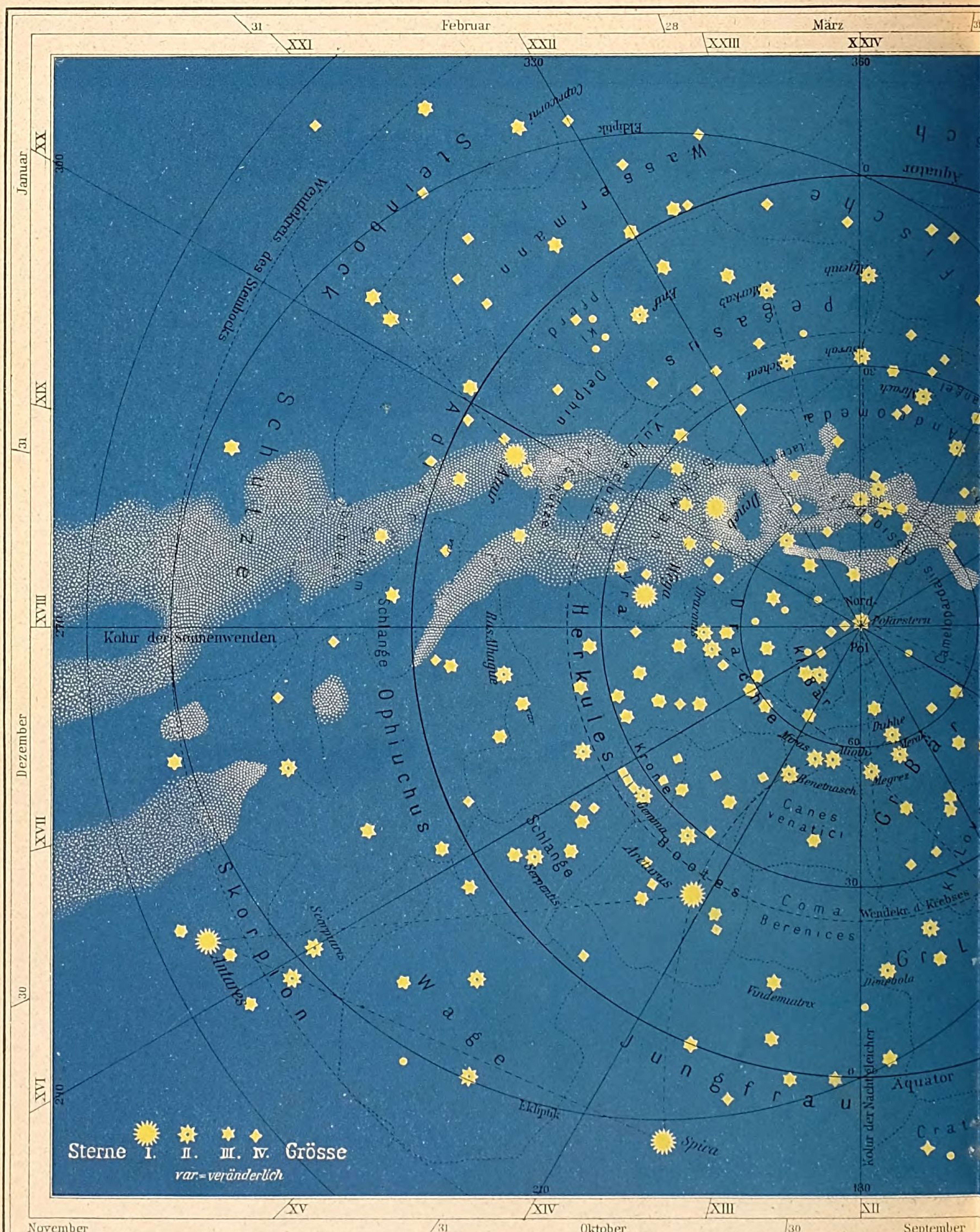
Die einzelnen Sternbilder sind durch punktierte Linien gegen einander abgegrenzt. Sie gehören, soweit sie außerhalb des Aequators fallen, dem südlichen Himmel an, doch werden diese auch für uns sichtbar. Die Größe der Sterne ist durch besondere Bezeichnung gekennzeichnet; runde Scheibchen deuten Sterne unter der vierten Größe an.

Die Bedeutung der verschiedenen Verbindungslinien zwischen einzelnen Gestirnen ist im Nachstehenden an entsprechendem Orte erklärt.

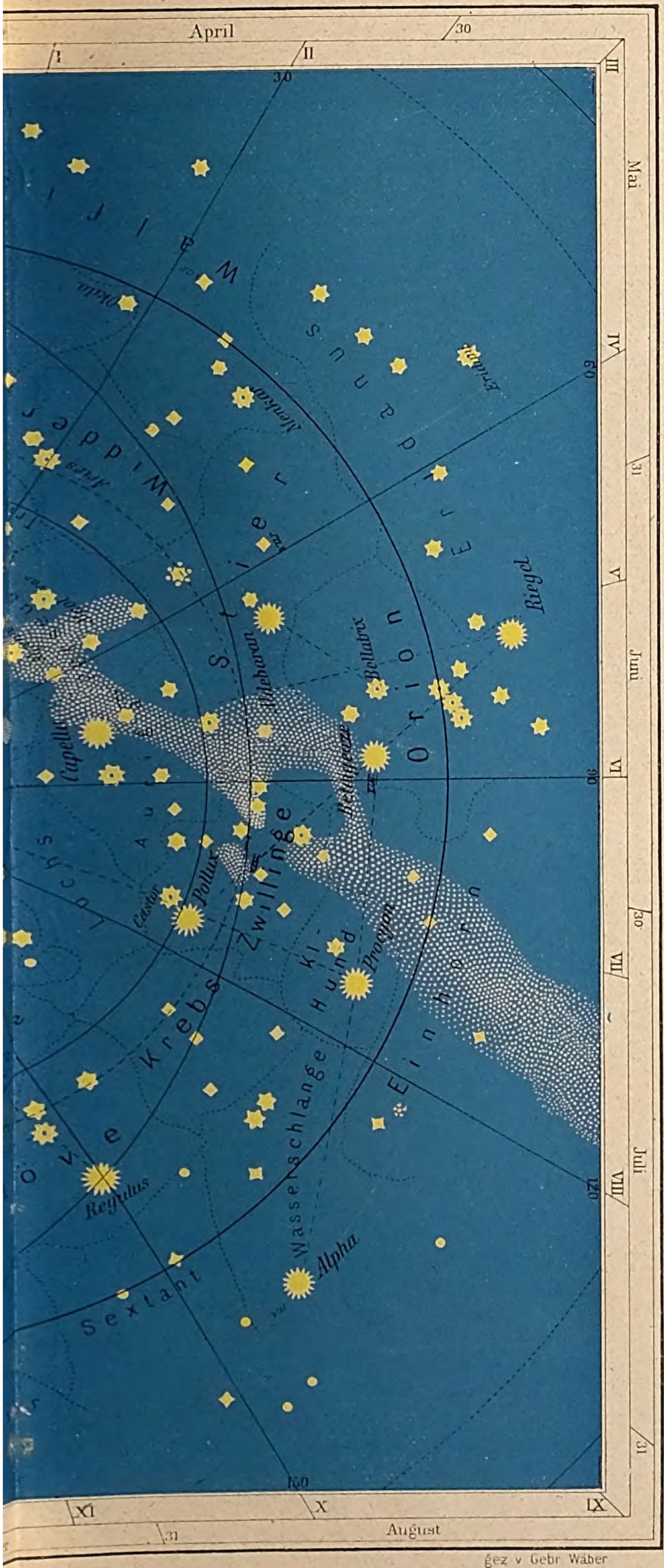
Im Scheitelpunkte der nördlichen Himmelshalbkugel steht, wie schon mehrfach erwähnt, der Polarstern, ein Stern zweiter Größe, der die Schwanzspitzen des Sternbildes des Kleinen Bären bildet. Dieses Sternbild wird auch, ebenso wie dasjenige des Großen Bären, mit dem Namen des Wagens bezeichnet. In der That haben diese beiden Sternbilder große Aehnlichkeit mit einem solchen, da ihre Hauptsterne die vier Räder und die Deichsel ziemlich genau markieren. Die Sterne des Großen Bären zeichnen sich durch besondere Helligkeit aus; von jenen des Kleinen Bären sind nur der Polarstern (Algedi genannt) und einer der Vorderfüße zweiter, die übrigen dritter und noch geringerer Größe. Eine durch die Vorderfüße des Großen Bären (bezw. die Hinterräder des Wagens) gezogene gerade Linie trifft, wenn man sie etwa um das Vierfache der Entfernung der beiden entsprechenden Sterne verlängert, den Polarstern. Da — wie schon erwähnt — das Sternbild des Großen Bären aus sehr hellen Sternen besteht (sechs derselben sind Sterne zweiter Größe), so ist dasselbe leicht aufzufinden und ebenso leicht der Polarstern nach obiger Angabe zu gewinnen. Der Laie wird daher, wenn er eine Rundschau am Sternhimmel vornehmen will, immer bei diesem Sternbilde beginnen. Denkt man sich eine gerade Linie vom rechten Hinterfuße (linken Vorderrade) des großen Bären (Wagens) nach dem Polarstern gezogen und über diesen hinaus gegen die Milchstraße verlängert (vgl. die Sternkarte), so trifft dieselbe ungefähr in der gleichen Entfernung, die die beiden vorgenannten Sterne von einander trennt, auf den äußersten Stern des in der Milchstraße gelegenen Sternbildes der Kassiopeia, das hauptsächlich von fünf Sternen gebildet wird, die gegen den Nordpol hin ein umgekehrtes lateinisches M darstellen. Die Kassiopeia enthält neben mehreren interessanten Doppelsternen auch den bereits erwähnten Tychonischen Stern, der mit einem die Venus übertreffenden Glanze am 11. November 1572 plötzlich aufflammte und selbst bei Tage sichtbar blieb, allmählich aber an Helligkeit wieder abnahm und nach 17 Monaten nur noch mit bewaffnetem Auge sichtbar blieb. Zwischen dem Kleinen Bären und der Kassiopeia liegt seitwärts herausgerückt das aus drei Sternen dritter Größe und mehreren Sternen vierter Größe bestehende Sternbild des Cepheus. Die drei Hauptsterne desselben liegen in einem gegen die Kassiopeia gewendeten Viertelbogen, dessen Mittelpunkt der ihnen am nächsten zugewendete Stern der Kassiopeia bildet.

Eine gerade Linie, vom Polarstern zwischen den beiden Sternbildern der Kassiopeia und des Cepheus hindurchgezogen, trifft in ihrer Verlängerung das Sternbild des Pegasus, aus welchem uns drei Sterne zweiter Größe entgegenleuchten, die im Verein mit einem vierten erster Größe ein Trapez (Viereck mit je zwei ungleichen, gegenüberliegenden Seiten und Winkeln) bilden. Der eben erwähnte Stern erster Größe, Sirrah genannt, gehört aber nicht dem Sternbilde des Pegasus, sondern dem benachbarten der Andromeda an, auf das wir sofort zu sprechen kommen werden. Der Pegasus gehört zu den ausgedehnteren Sternbildern des nördlichen Himmels und enthält zwei veränderliche Sterne, die in bisher noch nicht festgestellten Perioden zwischen siebenter und zwölfter Größe schwanken. Das von den vier vorhin erwähnten Sternen gebildete Trapez stellt den Körper des Flügelpferdes dar; Hals und Kopf desselben liegen zu beiden Seiten des 22. Stundenkreises und endigen in dem Sterne erster Größe Enif (vgl. die Sternkarte).

Karte des nördlichen Sternhimm



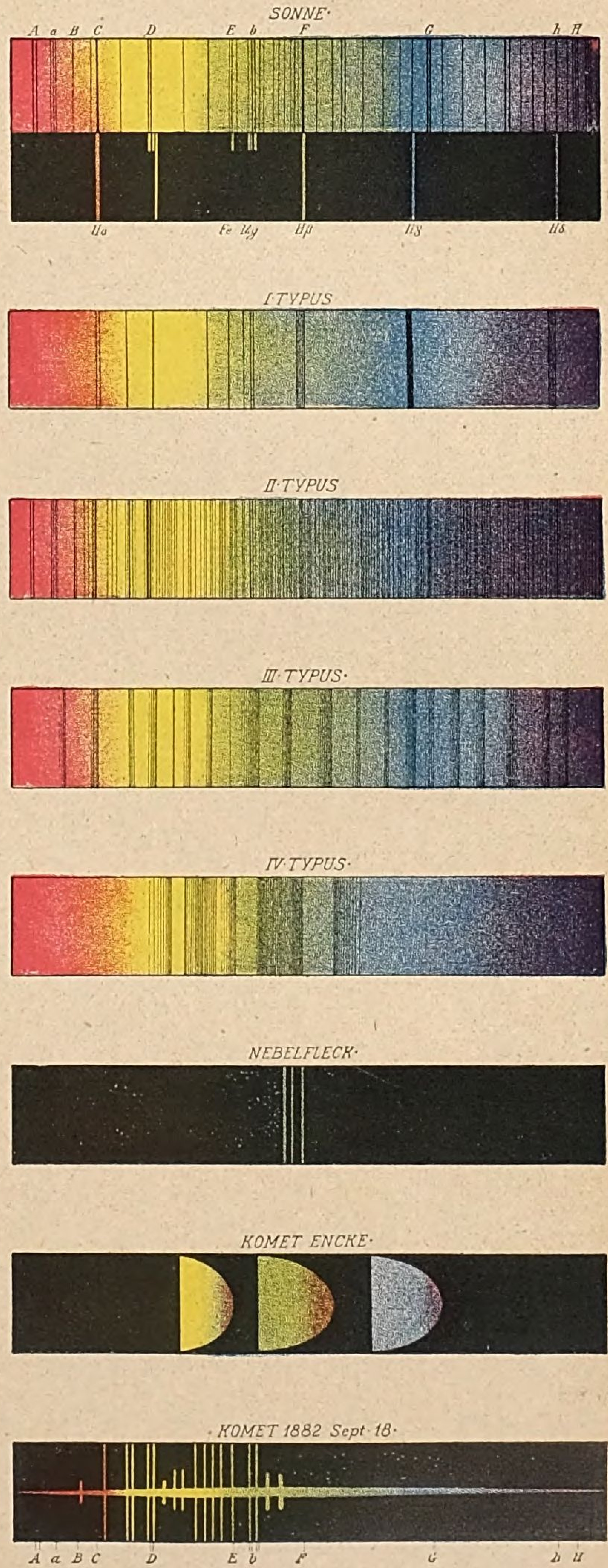
els.



gez v Gebr. Wäber

Spektren

der Sonne, der vier Secchi'schen Sterntypen,
der Nebelflecke und Kometen.



NB. Unterhalb des Sonnenspektrums sind die charakteristischen Linien der Spektren glühender Gase an entsprechender Stelle eingezeichnet.

Das Sternbild der Andromeda ist durch den inmitten desselben befindlichen, mit bloßem Auge sichtbaren Nebelfleck (vergl. S. 96) und den am 30. August 1885 in diesem plötzlich erschienenen neuen Sterne ausgezeichnet. Die drei hellsten Sterne dieses Sternbildes, Sirrah, Mirach und Alamach, stehen fast in gerader Linie. An die Andromeda schließt sich, in die Milchstraße eintretend, das Sternbild des Perseus an. Wir haben bereits (S. 115) den hierher gehörigen veränderlichen Stern Algol erwähnt, der seines Lichtwechsels halber von besonderer Bedeutung ist; außerdem befinden sich in diesem Sternbilde zwei dicht bei einander stehende und schon mit bloßem Auge erkennbare Sternhaufen. Die drei hellsten Sterne dieses Sternbildes, von denen einer (Algenib) zweiter Größe, die beiden anderen dritter Größe sind, liegen in einem Bogen; der Stern Algol bildet den Scheitelpunkt eines nahezu rechten Winkels, der von den Sternen Algenib und Algol des Perseus und dem Stern Alamach der Andromeda gebildet wird.

Zwischen dem Polarstern und dem Algenib finden wir einen Stern vierter Größe, der dem Sternbilde Camelopardalus oder Giraffe angehört. Dieser füllt den Raum zwischen dem Kleinen Bären und dem Perseus aus und ist nur aus kleineren, nicht besonders kenntlichen Sternen gebildet. Um so heller leuchtet in seiner Nachbarschaft aus dem Sternbilde des Fuhrmanns (Auriga) der Stern erster Größe Capella (Ziege) heraus. Eine gerade Linie, vom Polarstern durch Capella gezogen, trifft mit ihrer Verlängerung den Stern erster Größe Rigel im Sternbilde des Orion, auf das wir später zurückkommen werden. Im Fuhrmann finden wir noch einen Stern zweiter und mehrere Sterne dritter und vierter Größe, von denen drei ein spitzwinkeliges Dreieck in nächster Nachbarschaft der Capella bilden.

Entfernt sich das Auge vom Polarstern in der Richtung gegen den Rigel über die Sternbilder der Giraffe und des Fuhrmannes hinweg, so trifft es auf einen Teil des ausgedehnten Sternbildes des Stieres, das wir, weil es zu einer besonderen Gruppe von Sternbildern gehört, später besprechen werden, und jenseits dieses Sternbildes auf dasjenige des Orion. Dieses liegt zum größeren Teile südlich vom Himmelsäquator und wird deshalb zu den südlichen Sternbildern gezählt, doch ist es bekanntlich auch bei uns sichtbar und eine Zierde unseres Sternenhimmels. Auch auf dieses Sternbild kommen wir später noch zurück.

Den Raum zwischen den Sternbildern des Fuhrmanns, des Camelopardalus und des Großen Bären füllt das Sternbild des Luchses aus, das nur schwach leuchtende Sterne in sich schließt. Auf der dem Luchs entgegengesetzten Seite des Großen Bären finden wir das Sternbild der Jagdhunde (Canes venatici), das reich an Nebeln ist, unter denen der S. 97 erwähnte Spiralnebel der interessanteste ist. Der hervorragendste Stern dieses Sternbildes ist zweiter Größe und bildet mit dem äußersten Sterne am Schwanze des Großen Bären oder der Deichsel des Großen Wagens und dem rechten Vorderrade des letzteren ein gleichschenkliges rechtwinkeliges Dreieck, dessen rechter Winkel durch den Stern an der Schwanz- oder Deichselspitze markiert wird.

Auf unserer Sternkarte sieht man zwischen dem zuletzt erwähnten Sterne (Benetnasch) eine Bogenlinie gezogen, die zwei Sterne erster Größe, den einen zwischen dem 30. Parallelkreise und dem Aequator, den zweiten südlich des letzteren und der Ekliptik gelegen, mit einander verbindet. Der erste dieser beiden Sterne ist der Arcturus im Sternbilde des Bootes. Der Arcturus zeichnet sich durch sein rötliches Licht aus; er bildet so ziemlich den südlichsten Punkt des Bootes-Sternbildes. Der am Ende der früher erwähnten Bogenlinie gelegene Stern gehört zu dem Sternbilde der Jungfrau, auf welches wir später zurückkommen werden. An die Sternbilder der Jagdhunde und des Bootes lehnt sich dasjenige des Haares der Berenice (Coma Berenices) an, das nur aus einer Gruppe kleiner Sterne und einigen Nebelflecken besteht. Zwischen diesem und dem Großen Bären finden wir nördlich des Wendekreises des Krebses das Sternbild des Kleinen Löwen, das sich aus fünf Sternen vierter Größe in ähnlicher Gruppierung zusammensetzt wie das südlich davon sich ausbreitende Sternbild des Großen Löwen, von welchem später die Rede sein wird.

Kehren wir zur Fortsetzung unserer Betrachtung des nördlichen Sternhimmels zunächst wieder an den Ausgangspunkt derselben zurück, so finden wir, das Sternbild des Kleinen Bären umgreifend und zwischen dieses und dasjenige des Großen Bären sich mit seinem äußersten Zipfel einschiebend, das Sternbild des Drachen. Dieses Sternbild zeichnet sich durch einen in demselben stehenden hellen planetarischen Nebel und durch zahlreiche Doppel- und mehrfache Sterne aus, das zwischen den beiden Bären liegende Ende des Sternbildes stellt den Drachenschwanz dar; der Körper biegt sich um den Kleinen Bären und der Kopf, in welchem zwei Sterne zweiter und einer dritter Größe stehen, wendet sich dem benachbarten Sternbilde des Herkules zu, das zu den ausgedehnteren Sternbildern des nördlichen Himmels zählt und eine Reihe interessanter Doppelsterne sowie mehrere veränderliche Sterne, helle Nebelflecke und Sternhaufen enthält. Das Sternbild des Herkules enthält nur einen Stern zweiter Größe, den Ras Algethi, der intensiv gelb leuchtet, veränderlich und zugleich der Hauptkomponent eines Doppelsternes ist, dessen Begleiter in ebenso intensivem blauen Lichte strahlt.

Zwischen Bootes und Herkules finden wir zwei Sternbilder, und zwar die Nördliche Krone mit dem Sterne zweiter Größe Gemma („Edelstein") und südlich davon das Sternbild der Schlange, das mit einem Teile bereits in die südliche Himmelshalbkugel hinüberragt und mit dem Schlangenträger (Ophiuchus) zusammen einen großen Raum am Himmel einnimmt. Die Schlange zieht sich durch den Ophiuchus, so daß wir Anfang und Ende derselben zu beiden Seiten dieses letzteren finden. Im Kopfe des Schlangenträgers steht der Stern zweiter Größe Ras Alhague, der mit Gemma in der Krone und Ras Algethi im Herkules nahezu in gerader Linie steht; ein anderer Stern zweiter Größe befindet sich nahe dem Kopfende der Schlange und wird als Schlangenherz bezeichnet. Zieht man eine gerade Linie vom Polarstern zum Sterne Gemma, so trifft ihre Verlängerung auf das Schlangenherz.

Die Sternbilder des Herkules, des Schlangenträgers und der Schlange lehnen sich einerseits an die Milchstraße an und grenzen hier an mehrere Sternbilder, die von derselben durchzogen sind. Das nördlichste von diesen ist die Leier (Lyra), die einerseits vom Drachen und Herkules, andererseits vom Sternbilde des Schwanes begrenzt ist. In der Leier sehen wir einen der schönsten Sterne erster Größe, die Vega, strahlen; dieser Stern ist einer der wenigen, deren Entfernung bestimmt ist; sie beträgt über eine Million Halbmesser der Erdbahn und das Licht der Vega braucht zwanzig Jahre, um zu uns zu gelangen. Der Polarstern steht zwischen der Capella im Fuhrmann und der Vega so ziemlich in der Mitte und ist, wenn man sich diese drei Sterne durch gerade Linien verbunden denkt, der Scheitelpunkt des sehr stumpfen Winkels, den diese Linien bilden. Unsere Sternkarte zeigt, daß eine sehr leicht gebrochene, d. h. nur wenig von der geraden Richtung abweichende Linie eine Anzahl auffallender Sterne mit einander verbindet, und zwar den Regulus im Löwen mit dem Stern γ (zweiter Größe) desselben Sternbildes, diesen mit dem linken Vorderrade des Großen Wagens, den beiden Sternen zweiter Größe im Drachenkopfe, der Vega, den Stern γ dritter Größe in der Leier, den Hauptstern Ataïr (erster Größe) im Sternbilde des Adlers und endlich die Sterne β und λ im Steinbock, die bereits dem südlichen Himmel angehören.

Fast ganz von der Milchstraße durchzogen ist das an die Leier sich anlehnende Sternbild des Schwanes, welches mehrere interessante Doppelsterne, den Stern erster Größe Deneb und neben diesem noch vier Sterne dritter Größe enthält, die mit dem Vorgenannten zusammen ein Kreuz bilden, in dessen Spitze der Deneb steht. Der Schwan liegt an derjenigen Stelle der Milchstraße, wo diese sich in zwei Arme zu teilen beginnt und in ihrem hellsten Glanze erstrahlt. An den Schwan schließt sich südlich das kleine Sternbild des Fuchses (Vulpecula), an dieses dasjenige des Kleinen Schützen an. Zwischen letzterem, dem Pegasus und dem Adler liegen die Sternbilder des Kleinen Pferdes (Equuleus) und des Delphin.

Erwähnen wir noch das kleine, vom Sternbilde der Kassiopeia durch die Andromeda, von jenem des Fuhrmanns durch den Perseus getrennte Sternbild des Triangels, so ist die Liste der hauptsächlichsten Sternbilder des nördlichen Himmels erschöpft, sofern diese nicht jenem Gürtel angehören, der längs der Ekliptik (vgl. S. 47) den ganzen Erdenhorizont umspannt und unter dem Namen des Tierkreises bekannt ist. Dieser nur wenig über 20 Grad breite Gürtel, innerhalb dessen die scheinbaren Bewegungen der meisten Planeten, namentlich derjenigen sich vollziehen, die bereits im Altertume bekannt waren, hat seinen Namen „Tierkreis“, griech. Zodiacus, daher, daß der größere Teil der Benennungen der Sternbilder, von denen er gebildet wird, mit Tiernamen bezeichnet ist. Indem die Erde während ihres Umlaufes um die Sonne an diesen Sternbildern vorbeiwandelt, vollzieht sich scheinbar eine Wanderung der Sonne längs desselben Gürtels, und zwar in der Weise, daß sie in jedem Monat um eines dieser Sternbilder auf ihrer scheinbaren Bahn weiterrückt. Man hat daher die Sternbilder des Tierkreises als Monatsmesser benutzt und die Ekliptik in zwölf den Sternbildern des Tierkreises entsprechende Abschnitte eingeteilt und mit entsprechenden Zeichen versehen. Doch stimmen die Zeichen der Ekliptik mit den Sternbildern heutzutage nicht mehr überein, denn diese Zeichen sind bereits im Altertum festgestellt worden, und seither hat man beobachtet, daß die Sonne, wenn sie ihren scheinbaren jährlichen Umlauf um die Ekliptik vollendet hat, um 20 Minuten und 23 Sekunden früher an dem gleichen Punkt eintrifft als im vorhergegangenen Jahre, so daß erst nach nahezu 26 000 Jahren ein Ausgleich dieses Unterschiedes eintritt. Als vor etwa zwei Jahrtausenden die Einteilung der scheinbaren Sonnenbahn nach den Sternbildern vorgenommen wurde, trat die Sonne zur Zeit der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche wirklich in das Sternbild des Widders ein, wie dies der Kalender noch heute angiebt; seither ist aber der Frühlingspunkt fast um ein ganzes Zwölftel der Ekliptik von seiner damaligen Lage abgewichen, und die Folge davon ist, daß sich die Lage der Sternbilder im Vergleiche zu den unverändert beibehaltenen Zeichen der Ekliptik um beinahe die ganze Breite*) eines Sternbildes verschoben hat. Wenn also der Kalender sagt, daß die Sonne mit Frühlingsanfang in das Zeichen des Widders eintrete, so ist dies zwar kalendermäßig richtig, in Wirklichkeit steht aber die Sonne um diese Zeit thatsächlich erst im Sternbild der Fische. Die Astronomen geben darum die Stellung der Gestirne jetzt nicht mehr nach den Sternzeichen an, sondern in Graden, die vom Frühlingspunkte ab gezählt werden, und die Bedeutung des Tierkreises besteht nur noch für die Kalenderrechnung. Unsere Sternkarte macht dieses Verhältnis klar. Wir finden, daß der Frühlingspunkt thatsächlich in das Sternbild der Fische fällt, während der Kalender ihn mit dem Sternbilde des Widders zusammenfallen läßt. In gleicher Weise sehen wir die Kolur der Sommer-Sonnenwende in das Sternbild der Zwillinge statt in dasjenige des Krebses, die Herbst-Tag- und Nachtgleiche in das Sternbild der Jungfrau statt in das der Wage und die Winter-Sonnenwende in das Sternbild des Schützen statt in dasjenige des Steinbocks fallen. Will man den Kalender in Einklang mit den thatsächlichen Verhältnissen des Himmels erhalten, so muß man zwischen den Begriffen des Sternbildes des Tierkreises und des Tierkreiszeichens des Kalenders wohl unterscheiden.

Wir wollen nun Rundschau unter den Sternbildern des Tierkreises halten und folgen dabei insofern dem Kalender, als wir die Reihenfolge derselben mit dem Widder, dem Frühlingszeichen**) der Alten, eröffnen.

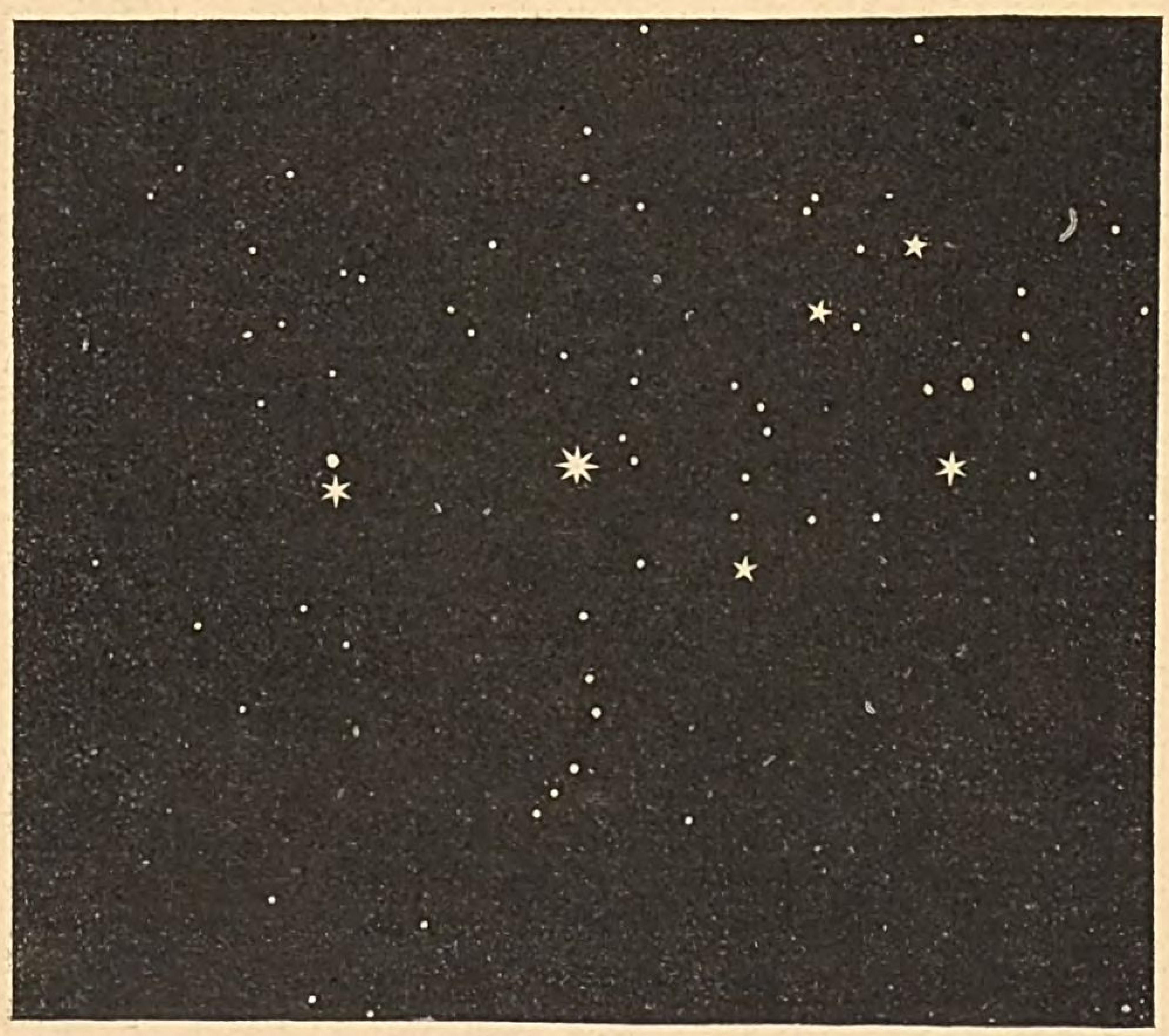
---

*) Hier ist nur die durchschnittliche Breite eines Sternbildes gemeint, die den zwölften Teil des in 360 Grade geteilten Kreises, also 30 Grad beträgt. In Wirklichkeit haben die Sternbilder verschiedene Ausdehnung, so z. B. dasjenige der Wage 20 Grade, das der Fische hingegen ungefähr 40 Grade.

**) Thatsächlich giebt es drei Frühlingszeichen, nämlich den Widder, den Stier und die Zwillinge; die folgenden drei Zeichen: Krebs, Löwe und Jungfrau heißen Sommerzeichen, die weiteren drei: Wage, Skorpion und Schütze Herbstzeichen und die letzten drei: Steinbock, Wassermann und Fische Winterzeichen. Auch nennt man die sechs ersten Zeichen die nördlichen, weil sie innerhalb des Aequators, die sechs letzten südliche Zeichen, weil sie außerhalb desselben liegen.

Das Sternbild des Widders (Aries) steht unter denjenigen des Perseus, der Andromeda und des Triangels. Es ist durch drei Sterne kenntlich, von denen einer zweiter, einer dritter und einer vierter Größe ist und die zusammen ein stumpfwinkliges Dreieck bilden, in dessen dem Polarstern zugewandter Spitze der größte dieser drei Sterne steht. Zieht man eine gerade Linie vom Polarstern durch den Stern Alamach der Andromeda nach dem Sternbilde des Widders, so trifft sie den eben erwähnten hellsten Stern desselben.

Das Sternbild des Stieres (Taurus) gliedert sich in zwei Gruppen, von denen die eine (die „Hyaden") den schönsten Stern (Aldebaran, erster Größe) dieses Sternbildes in sich schließt und die Form eines V hat, dessen Spitze der ebengenannte Stern bildet, wogegen die letztere, die Plejaden, auch Siebengestirn genannt, aus einer Menge nahe aneinander stehender Sterne besteht, von denen sechs oder sieben, wie man früher annahm, dem unbewaffneten Auge sichtbar sind. Für besonders scharfe Augen sollen aber neun bis elf Sterne zu unterscheiden sein, und im Fernrohr zeigen sich, wie unsere nebenstehende Abbildung erkennen läßt, noch weit mehr Gestirne in der Gegend dieses Sternbildes, und man hat deren innerhalb eines Kreises von etwa einem Grad Halbmesser über 200 dritter bis elfter Größe gezählt. Auch mehrere sehr schwache, aber dafür desto ausgedehntere Nebel befinden sich in den Plejaden. Des hellsten Sternes dieser Gruppe, der Alkyone, ist bereits (S. 103) gedacht worden. Was den Aldebaran betrifft, so zeichnet er sich durch seine rote Farbe aus und ist wohl zu denjenigen Sternen zu rechnen, die bereits in sichtlicher Abkühlung begriffen sind. Aldebaran steht so ziemlich in der Mitte einer geraden Linie, die man sich durch diesen Stern von den Plejaden nach dem Stern zweiter Größe Bellatrix im Orion gezogen denkt.



Die Plejaden.

Im Sternbild der Zwillinge (Gemini) sind es namentlich die nahe nebeneinander stehenden Sterne Castor und Pollux, die Träger des Namens dieses Sternbildes, die dasselbe leicht kenntlich machen. Pollux wird als Stern erster, Castor als Stern zweiter Größe angesehen; eine gerade Linie durch die Sterne Rigel und Beteigeuze des Orion gezogen, trifft in ihrer Verlängerung auf Castor und schneidet sich in stumpfem Winkel in diesem Sterne mit einer zweiten geraden, die vom Polarstern nach demselben gezogen wird und in ihrer Verlängerung gegen den Aequator hin den Stern erster Größe Procyon im Sternbilde des Kleinen Hundes trifft. Auch dieser letztere Stern ist leicht aufzufinden, da sich die eben erwähnte Hilfslinie in ihm mit einer zweiten Linie im

Mit Rücksicht auf die Sonnenwende nennt man die Zeichen des Steinbocks, Wassermanns, der Fische, des Widders, Stieres und der Zwillinge aufsteigende, die sechs übrigen absteigende Zeichen, weil die Tage während der Herrschaft der ersteren wachsen, während der Herrschaft der letzteren dagegen abnehmen.

spitzen Winkel schneidet, die, durch die Sterne Bellatrix und Beteigeuze des Orion gelegt, in ihrer Verlängerung den Procyon und den Stern zweiter Größe Alpha (α) im Sternbilde der Hydra trifft.

Von den Sternbildern des Großen Bären, des Fuhrmanns und des Orion durch diejenigen des Kleinen Löwen, des Luchses, der Zwillinge und des Kleinen Hundes getrennt, erblicken wir zwischen letzteren und dem Sternbilde des Großen Löwen dasjenige des Krebses (Cancer), das zwar keine besonders bemerkbaren Sterne, wohl aber einen mit bloßem Auge sichtbaren Sternhaufen enthält. Vermutlich haben die Alten diesem Sternbilde seinen Namen deshalb gegeben, weil in ihm die Sonne ihren höchsten Stand erreichte und danach wieder den Krebsgang gegen den Aequator hin einschlug (heute ist dies, wie S. 123 ausgeführt, nicht mehr der Fall).

Das Sternbild des Großen Löwen (Leo) liegt südlich desjenigen des Kleinen Löwen zwischen dem Krebs und dem Haar der Berenice. Es wird durch vier Sterne gekennzeichnet, von denen einer, der Regulus, erster Größe, die drei anderen zweiter bis dritter Größe sind. Von diesen letzteren wird der im Sternbilde des Haares der Berenice am nächsten stehende Denebola genannt; eine gerade Linie, vom Polarstern durch den rechten Hinterfuß des Großen Bären gezogen, trifft mit ihrer Verlängerung den eben genannten Stern.

Im Sternbilde der Jungfrau (Virgo), das sich südlich des Haares der Berenice größtenteils längs des Aequators hinstreckt, ist der hervorragendste Stern die Spica. Dieser Stern ist von erster Größe und steht im südlichsten Teile des ganzen Sternbildes jenseits des Aequators und der Ekliptik am südlichen Himmel. Die Jungfrau nimmt eine der an Nebelflecken reichsten Gegenden am Sternenhimmel ein.

Das Sternbild der Wage (Libra) wird von vier Sternen gebildet, die die Spitzen eines fast regelmäßigen, länglichen Vierecks (Parallelogrammes) bilden. Von diesen vier Sternen ist der in der Ekliptik gelegene ein Doppelstern, zusammengesetzt aus einem Sterne dritter und einem anderen sechster Größe. Nordwestlich von ihm steht ein Stern zweiter Größe, die beiden anderen Sterne sind vierter und sechster Größe.

Die Wage wie auch das ihr benachbarte Sternbild des Skorpions gehören bereits dem südlichen Himmel an; letzteres liegt sogar größtenteils außerhalb der Ekliptik. Besonders auffallend ist im Skorpion der rötliche Stern erster Größe Antares, auch das Herz des Skorpions genannt; nahe an der Ekliptik liegt der nördlichste Stern dieses Sternbildes, der sich als ein aus zwei Komponenten zweiter und fünfter Größe zusammengesetzter Doppelstern darstellt. Antares bildet mit Arcturus im Bootes und der Vega in der Leier ein annähernd gleichschenkliges Dreieck, in welchem er der kürzeren Grundlinie gegenübersteht. Im ähnlichen Verhältnisse steht er zum Arcturus und der Spica.

Die größte Ausdehnung von allen Sternbildern des Tierkreises hat das des Schützen (Sagittarius), das aber nur einen einzigen Stern dritter Größe enthält. Nördlich von diesem Sternbilde finden wir, umschlossen vom Schützen, der Schlange und dem Adler das kleine Sternbild Schild des Sobieski, das dem südlichen Himmel angehört.

Das nun folgende Sternbild des Steinbocks (Capricornus) hat ebenso wenig hervorragende Sterne aufzuweisen als dasjenige des Wassermanns, das sich südlich des Pegasus, Equuleus und Delphin zwischen Aequator und Ekliptik hinstreckt. Beide Sternbilder gehören dem südlichen Himmel an.

Das Sternbild der Fische (Pisces), mit welchem wir unsere Rundschau des Tierkreises abschließen, nimmt den Raum zwischen dem Wassermann und Pegasus, der Andromeda, dem Widder und dem Walfische ein und besteht aus zwei Teilen: der eine Fisch erstreckt sich bis unter die Andromeda, der andere gegen den Wassermann hin und beide werden durch ein Band vereinigt, dessen Knoten der Stern dritter Größe Okda bildet.

Von den Sternen des südlichen Himmels möge zunächst der dem eben genannten Sternbilde am nächsten gelegene Walfisch (Cetus) angeführt werden. In diesem Stern-

bilde ist der bereits S. 114 erwähnte veränderliche Stern Mira (in unserer Karte nur durch Beisetzung der Silbe „var“ als veränderlicher Stern bezeichnet) nahe dem Okda und dem Stern zweiter Größe Menka besonders zu nennen. Dem Walfisch benachbart ist das Sternbild Eridanus, das sich bis an den Orion hinstreckt und nur teilweise in unseren Gegenden sichtbar wird. Es enthält zahlreiche Doppelsterne, von denen einer eine auffallend starke Eigenbewegung hat, und schließt mit einem Sterne erster Größe, dem Acharnar ab, der aber für uns stets unter dem Horizont bleibt. Zwischen Eridanus und dem Stier, den Zwillingen und dem Kleinen Hund breitet sich, teilweise noch dem nördlichen Himmel angehörend, das Sternbild des Orion aus, das als das schönste des Himmels gepriesen wird. Der Orion hat seinen Namen von dem berühmten Jäger der griechischen Mythe, der nach der Homerischen Sage von Eos, der Göttin der Morgenröte, seiner Schönheit wegen entführt, von der Artemis aber verfolgt und durch einen Pfeilschuß getötet wurde, worauf er samt seinem Hunde Sirius unter die Sterne versetzt wurde. Der Mythus läßt ihn auch in den himmlischen Gefilden dem Weidwerk nachgehen und nicht nur den Hasen (Lepus), der in einem Sternbild in unmittelbarer Nachbarschaft seines eigenen verkörpert ist, sondern auch die Plejaden verfolgen, die schon bei Lebzeiten unter seinen Nachstellungen zu leiden hatten, diese letzteren, die wir bereits als Siebengestirn im Sternbilde des Stieres kennen gelernt haben, waren die Töchter des Atlas und Gefährtinnen der Jagdgöttin Artemis. Um sie vor den Verfolgungen des Orion zu schützen, wurden sie in Tauben verwandelt und dann unter die Sterne versetzt. Das Sternbild des Orion ist am leichtesten an den drei Sternen zweiter Größe zu erkennen, die, dicht neben einander stehend, den Gürtel des Orion bilden und auch unter dem Namen des Jakobstabes bekannt sind, eines Instrumentes, dessen sich die Seefahrer des 17. und der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts zur Bestimmung von Zeit und Breite bedienten. Des großen schon mit unbewaffnetem Auge erkennbaren Nebelfleckes im Orion ist bereits S. 97 gedacht worden.

Der Sirius, nach seinem mythologischen Namensträger auch Hundsstern genannt, der hellste von allen Fixsternen, gehört dem Sternbilde des Großen Hundes an, das einen prachtvollen, dem unbewaffneten Auge in sternähnlicher Form sichtbaren Sternhaufen enthält.

Die zwischen dem Großen Löwen und dem Kleinen Hunde teilweise in den nördlichen Himmel hineinragende Wasserschlange (Hydra) erstreckt sich über einen großen Teil des Himmels; ihr Kopf steht südlich vom Krebs und der Körper zieht sich in verschiedenen Windungen unter dem Löwen, der Jungfrau und der Wage hin, bis er endlich in der Nähe des Skorpions endigt.

Noch haben wir von den Sternbildern des südlichen Himmels dasjenige des Südlichen Kreuzes zu nennen, das neben dem Orion als eines der schönsten des Himmels genannt wird. Es liegt südlich der Hydra in der Milchstraße und zeichnet sich durch vier in Kreuzform stehende helle Sterne aus. In unseren Breiten ist dieses Sternbild nicht sichtbar, doch zeigt es sich schon im nördlichen Afrika, besonders in Aegypten, dem Beobachter. Ferner sind zu nennen der Centaur, dessen Kopf unter dem Schwanzende der Hydra steht und der aus zwei Sternen erster und zehn Sternen dritter Größe zusammengesetzt ist, und das Schiff Argo, dessen bedeutendster Stern Canopus den Sirius an Helligkeit beinahe erreicht. Außer diesem Sterne enthält das Schiff Argo, das zwischen dem Großen Hund, dem Centaurus und dem von letzterem teilweise umfangenen südlichen Kreuz gelegen ist, noch sieben Sterne zweiter Größe. Besonders interessant ist der veränderliche Stern η in diesem Sternbilde, der manchmal jahrelang einem Stern erster Größe gleicht, dann wieder kaum noch mit unbewaffnetem Auge sichtbar ist, ohne daß irgend welche regelmäßige Perioden in seinem Lichtwechsel bemerkbar wären. Von den auch bei uns sichtbar werdenden Sternbildern des südlichen Himmels nennen wir noch das Einhorn (Monoceros), das in der Nachbarschaft des Orion zwischen diesem und der Wasserschlange nahe dem Aequator liegt und zahlreiche Doppelsterne sowie einen prachtvollen, auf unserer Karte angedeuteten Sternhaufen enthält, sowie den Becher (Crater),

der südlich vom Löwen steht und aus einem Stern dritter und fünf Sternen vierter Größe besteht.

Der südliche Sternenhimmel leuchtet nach der Schilderung vieler Reisenden heller als der nördliche. Namentlich Alexander von Humboldt preist seinen Glanz sowie den landschaftlichen Zauber der prachtvollen Milchstraßen-Zone des Südhimmels, die sich von den Vorderfüßen des Centauren durch das Sternbild des Kreuzes bis zur Mitte des lichtstrahlenden Schiffes Argo erstreckt: „Das Licht, welches diese Region ausgießt," schreibt er in seinem „Kosmos", „ist so außerordentlich, daß ein genauer, in der Tropenwelt von Indien heimischer Beobachter, der Kapitän Jacob, ganz mit meiner vierjährigen Erfahrung übereinstimmend bemerkt: man werde, ohne die Augen auf den Himmel zu richten, durch eine plötzliche Zunahme der Erleuchtung an den Aufgang des Kreuzes und der dasselbe begleitenden Zone erinnert." Eine der großartigsten Erscheinungen des südlichen Himmels ist diejenige der sogenannten „Magelhaens'schen Wolken", die sich nach John Herschel aus einer großen Zahl von Sternhaufen von teils unregelmäßiger, teils kugelförmiger Gestalt und einzelnen Fixsternen zusammensetzen; dazwischen sind große Nebel eingestreut, die das Teleskop nicht aufzulösen vermag. Herschel zählte in der großen Magelhaens'schen Wolke 582 Einzelsterne, 46 Sternhaufen und 291 Nebelflecke, in der kleinen (beziehungsweise) 200, 7 und 37.

Wir haben im Vorstehenden einen Gesamtüberblick des Sternhimmels in seinen Hauptzügen gegeben, wie sich derselbe von der Erde aus betrachtet dem Beobachter darstellt. Wenn dieses Bild auch insofern ein ganz zufällig entstandenes ist, als die scheinbare Zusammengehörigkeit der zu Sternbildern vereinigten Gruppen von Himmelskörpern in Wirklichkeit gar nicht oder doch nur in einzelnen Fällen besteht, die nur vermutungsweise festzustellen sind, so ist doch — wie schon früher hervorgehoben — die Annahme nicht von der Hand zu weisen, daß auch für alle diese ungezählten Himmelskörper eine durch Naturgesetze oder in ursächlichem Zusammenhange miteinander stehende Umstände bestimmte Ordnung gegeben ist. Es ist bereits gesagt worden, daß dieser Ordnung wahrscheinlich ein Weltsystem zu Grunde liegt, in welches unsere Sonne mit allen ihren Planeten und alle übrigen in unseren durch das Fernrohr erweiterten Gesichtskreis fallenden Fixsterne eingeschlossen sind und das in seiner Gesamtheit eine linsenförmige Gruppe bildet, deren Umfang durch die Milchstraße gezeichnet wird. In diesem Weltsystem würde nach Gould nahezu in der Mitte der von der Milchstraße umfangenen Ebene unser Sonnensystem seinen Platz haben und einem Sternhaufen angehören, dessen Glieder, vielleicht nur wenige Hundert an der Zahl, sich auf einen Raum verteilen, der durch Ebenen begrenzt wird, welche ungefähr parallel zur Milchstraßenebene liegen, so daß diese Sterne für uns die Milchstraße zu umsäumen scheinen und uns in den dort zahlreich auftretenden hellen Sternen vor Augen treten. Die entferntesten Sternnebel liegen nach Goulds Annahme außerhalb dieses Weltsystems und stellen mächtige, unserem Milchstraßensysteme ähnliche Sternsysteme dar, während andere, die eigentlichen Gasnebel, in weniger großen Entfernungen liegen und einen Teil unseres Sternsystems bilden dürften, in welchem ihnen dann die Eigenschaft von Neugebilden, von werdenden Sonnensystemen, zukommen würde.

Secchi stellt eine Anzahl von Thesen auf, in denen er das Ergebnis der wissenschaftlichen Himmelsbetrachtung und der aus dieser geschöpften Erkenntnis summarisch zusammenfaßt. Wir lassen die ersten neun dieser Thesen folgen, denn sie geben einen klaren Ueberblick über die Grundzüge der kosmischen Verhältnisse.

1. Die Fixsterne sind selbstleuchtende Körper von ähnlicher Beschaffenheit wie unsere Sonne. Einige besitzen einen oder mehrere leuchtende Trabanten, deren Existenz aus den Erscheinungen ihres Lichtwechsels und ihrer Bewegungen mit Bestimmtheit nachgewiesen ist.

2. Diese Systeme, die wir als Systeme erster Ordnung bezeichnen können und die unserem Planetensystem ähnlich sind, werden von der Schwerkraft beherrscht und sind denselben Keplerschen Gesetzen unterworfen, welche der Bewegung der Planeten um die Sonne zu Grunde liegen. Werden die Nebensonnen, welche die Trabanten der Haupt-

sonne bilden, von dunklen Trabanten umkreist, so haben wir eine ähnliche Erscheinung, wie sie bei einigen der dunklen Hauptkörper unseres eigenen Systems stattfinden.

3. In vielen Fällen sind diese einfachen Systeme durch außerordentlich verwickelte Systeme ersetzt, welche die kugelförmigen Sternhaufen bilden, für die uns die Gesetze der Bewegung und des Gleichgewichts noch unbekannt sind. Diese Anhäufungen werden von getrennten Massen, d. h. von Sternen gebildet, die wir mit unseren Instrumenten deutlich unterscheiden können. Nur in der Mitte erscheinen sie wegen der großen Dichtigkeit gleichmäßig leuchtend. Daß sie aber auch hier aus einzelnen Sternen zusammengesetzt sind, zeigt uns das Spektrum derselben.

4. Zahlreiche andere Sternhaufen sind ebenfalls mehr oder weniger auflösbar, aber von verwickelterem Bau, so daß wir wegen der großen Entfernung derselben und der Langsamkeit ihrer Bewegung keine Spur eines Bewegungscentrums, noch ein Gesetz einer regelmäßigen Gruppierung bemerken. Doch dürfen wir die Hoffnung nicht aufgeben, daß im Laufe der Zeit ein solches Gesetz entdeckt wird.

5. Die Milchstraße ist eine Zone, welche von einer unermeßlichen Anhäufung komplizierter Sternmassen gebildet wird, deren jede als aus zahllosen Systemen höherer Ordnung zusammengesetzt betrachtet werden kann. Die Gestalt dieser ungeheuren Sternmassen ist uns unbekannt; allein von unserem Standpunkte aus gesehen hat sie in verschiedenen Richtungen eine ungleiche Tiefe. In gewissen Richtungen können wir über die Grenze derselben hinaus in den Raum eindringen, während sie an anderen Stellen für unsere Instrumente undurchdringlich ist.

6. Diejenigen Sterne, welche uns am größten erscheinen, sind auch die nächsten, und die Entfernung ist die Hauptursache — wenn auch nicht die einzige —, daß uns die übrigen kleiner erscheinen. Wahrscheinlich bilden die größeren, näheren, eins jener höheren Systeme, zu welchem die Sonne gehört, und deren sehr viele die Milchstraße bilden.

7. Außer den Sternen giebt es am Himmel zahlreiche Massen leuchtender Materie mit eigenem Licht, die sich noch nicht zu bestimmten Körpern vereinigt hat, sondern sich im gasförmigen Zustande befindet und die Nebelflecke bildet. Einige derselben haben eine ungeheure Ausdehnung und eine sehr unregelmäßige Dichtigkeit, andere eine fast gleichmäßige Dichtigkeit, andere eine gegen die Mitte zunehmende Kondensation, gleichsam als wären sie in Bildung begriffene Sterne. Noch andere haben eine ringförmige Gestalt und scheinen Systeme von kompliziertem Bau zu bilden.

8. Der größte Teil dieser Nebelmassen mit höherer Kondensation findet sich in Regionen, die unabhängig von der Milchstraße sind, und scheinen besondere Systeme zu bilden. Trotz ihres gasförmigen und daher sehr beweglichen Zustandes zeigen sie eine auffallende Beständigkeit der Form und keine wahrnehmbare Bewegung.

9. Die absoluten Entfernungen der Sterne und der Nebelflecke sowie ihr gegenseitiger Abstand sind uns vollkommen unbekannt, da sie keine Parallaxe besitzen. Aus diesem Grunde wissen wir auch nichts Positives über ihre wahre Verteilung im Raume. Doch können wir behaupten, daß die Sterne nicht gleichmäßig durch den Raum verteilt, vielmehr in der Ebene der Milchstraße nicht nur scheinbar, sondern in Wirklichkeit zahlreicher und dichter sind. Die Nebelflecke dagegen sind zahlreicher und dichter in einer zur Milchstraße senkrechten Richtung.



Erstes Kapitel.

Das Sonnensystem.

Die Kant-Laplacesche Hypothese haben wir in ihren Grundzügen bereits im fünften Kapitel des II. Abschnittes kennen gelernt. Sie bildet die Grundlage der heute maßgebenden Anschauungen von der Entwickelung und den Verhältnissen der Weltkörper und Weltsysteme im Allgemeinen und unseres Sonnensystems im Besondern, und wir werden darum auf dieselbe hier des Näheren zurückkommen. Zunächst müssen aber einige Grundsätze erörtert werden, deren Kenntnis zum Verständnis des Nachfolgenden unentbehrlich ist.

Neugestaltungen und Umwandlungen in der Natur vollziehen sich nur unter der Einwirkung gesetzmäßiger Kräfte durch Zersetzung und Neuverbindungen der von jeher vorhandenen Materie, die sich wieder nur dadurch so mannigfach gestaltet, daß ihre Moleküle in verschiedener Weise zusammengesetzt sind. Bis jetzt kennen wir eine Anzahl von Grundstoffen oder Elementen, von denen wir annehmen müssen, daß sie sich nicht aus Molekülen (mechanischen), sondern aus Atomen (chemischen kleinsten Teilen) zusammensetzen, weil es uns nicht gelungen ist, sie mittels der Behelfe der Chemie in noch einfachere Stoffe zu zerlegen; doch bleibt die Frage offen, ob diese Zerlegung nicht noch in der Zukunft gelingen wird, und ob die menschliche Erkenntnis nicht einmal noch dahin gelangt, alle Materie auf einen einzigen Grundstoff zurückzuführen. Als sicher ist anzunehmen, daß aller vorhandene Stoff immer vorhanden gewesen ist und immer vorhanden sein wird, daß also kein einziges Atom verschwinden und keines neu entstehen kann. Dasselbe gilt von den in der Natur waltenden Kräften. Bis jetzt unterscheiden wir deren viele; dereinst wird der Mensch vielleicht erkennen, daß es nur eine einzige Naturkraft giebt, die sich lediglich je nach der Art ihrer

Erscheinung und Wirkung verschiedenartig kundgiebt. Die nahe Verwandtschaft zwischen Wärme und bewegender Kraft, zwischen Magnetismus und Elektricität, zwischen dieser und dem Licht und der Wärme ist bereits erkannt, und es steht nichts der Annahme im Wege, daß die Verschiedenartigkeit der Naturkräfte dereinst ihre Erklärung und ihren Ausdruck in bestimmten Formeln finden werde. Durch die wissenschaftlich längst erprobte sogenannte mechanische Wärmetheorie, deren Grundgedanke die Umsetzung der Kraft in Wärme und der Wärme in Kraft ist, haben wir die richtige Vorstellung von dem Wesen der kosmischen Kräfte gewonnen; wir sehen in den glühenden Weltkörpern eine ungeheure Masse von Kraft aufgespeichert, die genügt, um ganze Weltsysteme in Bewegung zu setzen und zu erhalten; erschöpft sich die aus der Wärme hervorgegangene bewegende Kraft an dem Reibungswiderstand, den sie zu bewältigen hat, so setzt sie sich aufs neue in Wärme um, die abermals zur Kraftäußerung gelangt; neu entstehende Kräfte giebt es ebensowenig, wie ein Aufzehren der vorhandenen. Das Prinzip von der Erhaltung des Stoffes und der Kraft ist somit das vornehmste Grundgesetz alles kosmischen Lebens.

Es ist widersinnig, bei der Beurteilung der Vorgänge in der außerirdischen Natur andere Ursachen vorauszusetzen, als diejenigen sind, die ähnliche Vorgänge auf der Erde verursachen; denn einerseits müssen wir die Erde als einen Naturkörper gleich allen anderen betrachten und können für sie nicht besondere Kräfte und Gesetze in Anspruch nehmen, andererseits aber ist unser Erkenntnisvermögen an die irdischen Vorgänge und Naturgesetze gebunden und daher außer stande, sich eine Vorstellung von andern, von den irdischen Verhältnissen abweichenden Vorgängen und Gesetzen zu bilden. Zudem stimmen alle Erfahrungen, die die Wissenschaft bis jetzt bei der Beobachtung außerirdischer Erscheinungen gemacht hat, darin überein, daß sie sich auf Grund der den irdischen Beobachtungen entstammten Erfahrungen erklären lassen oder wenigstens nicht in unbedingtem Widerspruche zu denselben zu stehen scheinen. Der Astrophysiker Zöllner hat in seinen „Photometrischen Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper“ auf Grund der eben entwickelten Anschauungsweise die nachstehenden Grundsätze aufgestellt:

1. bei den Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper dürfen zur Erklärung der beobachteten Phänomene nur solche Kräfte und Erscheinungen vorausgesetzt werden, deren Analogien (übereinstimmende oder ähnliche Gegenstücke) man auch auf der Erde zu erforschen und zu beobachten Gelegenheit hat;

2. man muß bei allen Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper von der Annahme ausgehen, daß die allgemeinen und wesentlichen Eigenschaften der Materie im unendlichen Raume überall dieselben seien.

Die Richtigkeit dieser Sätze hat sich bisher in allen Punkten bewährt, die als Anhalt für wissenschaftliche Untersuchungen dienen konnten. Das Newtonsche Gravitationsgesetz hat in keinem der beobachteten Fälle einen Widerspruch, wohl aber in den meisten derselben seine Bestätigung erfahren. Die Spektralanalyse hat zwar in einzelnen Fällen Ergebnisse gehabt, die auf das Vorhandensein von Stoffen auf den betreffenden Himmelskörpern schließen lassen könnten, die sich auf der Erde nicht vorfinden; aber wir kennen vielleicht noch nicht alle unserem Planeten eigentümlichen Stoffe oder Verbindungen von solchen, zudem muß bei der Beurteilung der aus so unendlich fernen Lichtquellen stammenden Spektren immer mit Beobachtungsfehlern und störenden Einflüssen gerechnet werden.

Es ist jetzt gerade ein Jahrhundert vergangen, seit die beiden ersten Bände von Laplaces*) „Mechanik des Himmels“ erschienen sind. Der französische Astronom hatte

---

*) Pierre Simon Laplace, geb. im März 1749 zu Beaumont in der Normandie, entstammte sehr kleinen Verhältnissen und erlangte seine Vorbildung mit der Bestimmung zur priesterlichen Laufbahn, für die er, wie es scheint, bestimmt war. Doch gelang es ihm durch eigenen Fleiß und eigenes Streben frühzeitig auf die Ausbreitung seiner Kenntnisse hinzuarbeiten, und schon in jungen Jahren wurde er als Lehrer der Mathematik an der Militärschule seines Heimatsortes verwendet. Mit guten Empfehlungen ausgerüstet, begab er sich nach Paris, um an diesem Centralpunkte sein weiteres Fortkommen zu suchen. Der berühmte Gelehrte d'Alembert weigerte sich, ihn zu empfangen.

schon einige Jahre früher seine Gedanken in einem gemeinverständlichen Werke an die Oeffentlichkeit gebracht, dem er den Titel „Das Weltsystem“ gegeben hatte; indem darauf folgenden größeren Werke begründete er jene Gedanken durch streng mathematische Ausführungen. Eine der wichtigsten Stellen seines „Weltsystems“ lautet wörtlich: „Um die Ursache der ursprünglichen Bewegungen des Planetensystems zu erklären, haben wir die vier nachstehenden Erscheinungen ins Auge zu fassen: 1. die Bewegung aller Planeten in der gleichen Richtung und annähernd in derselben Ebene; 2. die Bewegungen der Monde in derselben Richtung wie jene der Planeten; 3. die Rotation dieser verschiedenen Himmelskörper und der Sonne in derselben Richtung; 4. die geringfügige Abweichung der Planeten- und Mondbahnen von der Kreislinie. Trachten wir nun, uns möglichst die wirkliche Ursache dieser Erscheinungen zu erklären. Möge ihre Natur was immer für eine sein, so ist doch das eine sicher, daß sich die Wirkung der Kraft, durch die sie hervorgerufen sind, auf alle diese Himmelskörper erstreckt haben muß. Ferner muß bei der außerordentlichen Entfernung, die diese Himmelskörper von einander trennt, angenommen werden, daß sie ursprünglich aus einem flüchtigen Stoffe von ungeheuerer Ausdehnung bestanden haben. Um den Planeten eine beinahe kreisförmige Bewegung um die Sonne in gleicher Richtung zu verleihen, muß die Materie, aus der sie sich gebildet haben, den Centralstern wie eine Atmosphäre umgeben haben. Die Betrachtung der Planetenbewegungen führt uns zu dem Gedanken, daß sich die Atmosphäre der Sonne im Zustande einer ungeheueren Hitze befunden und infolgedessen sich ursprünglich über einen Raum verbreitet haben muß, der über die äußersten Planetenbahnen hinaus sich erstreckte, und daß dann (infolge der Abkühlung) eine allmähliche Zusammenziehung bis auf den heutigen Umfang stattgefunden hat.

Die Atmosphäre irgend eines Himmelskörpers ist an diesen durch die Schwerkraft gebunden. Sie findet ihre Grenze dort, wo die Schwerkraft im Gleichgewichte mit der durch die Rotation hervorgerufenen Centrifugalkraft sich befindet. Sobald die letztere überwiegt, muß die über jene Grenze hinausgehende Schicht der Atmosphäre von dem Körper abgerissen und in den Raum hinausgeschleudert werden. Da mit der Schnelligkeit der Umdrehung auch die Centrifugalkraft wächst, so muß jene Gleichgewichtsgrenze im gleichen Verhältnisse gegen den festen Körper hin rücken, die Atmosphäre somit an Mächtigkeit abnehmen. Himmelskörper von sehr rascher Umdrehung können daher nur eine dünne Schicht von Atmosphäre haben, da derjenige Teil derselben, der jenseits der Gleichgewichtsgrenze liegt, in den Raum hinaus entweicht. In diesem Sinne müssen wir uns den Vorgang vorstellen, der sich im Laufe der Entwickelung unseres Sonnensystems wiederholt abgespielt hat. Mit der Sonne beginnend, haben wir uns dieselbe in einem Zustande vorzustellen, in welchem wenigstens der äußere Teil ihrer Masse in gasförmigem Zustande sich befand, während von innen her, aus dem bereits mehr oder weniger verdichteten Kerne, eben infolge der Verdichtung eine Hitze ausströmte, von der wir uns kaum eine Vorstellung machen

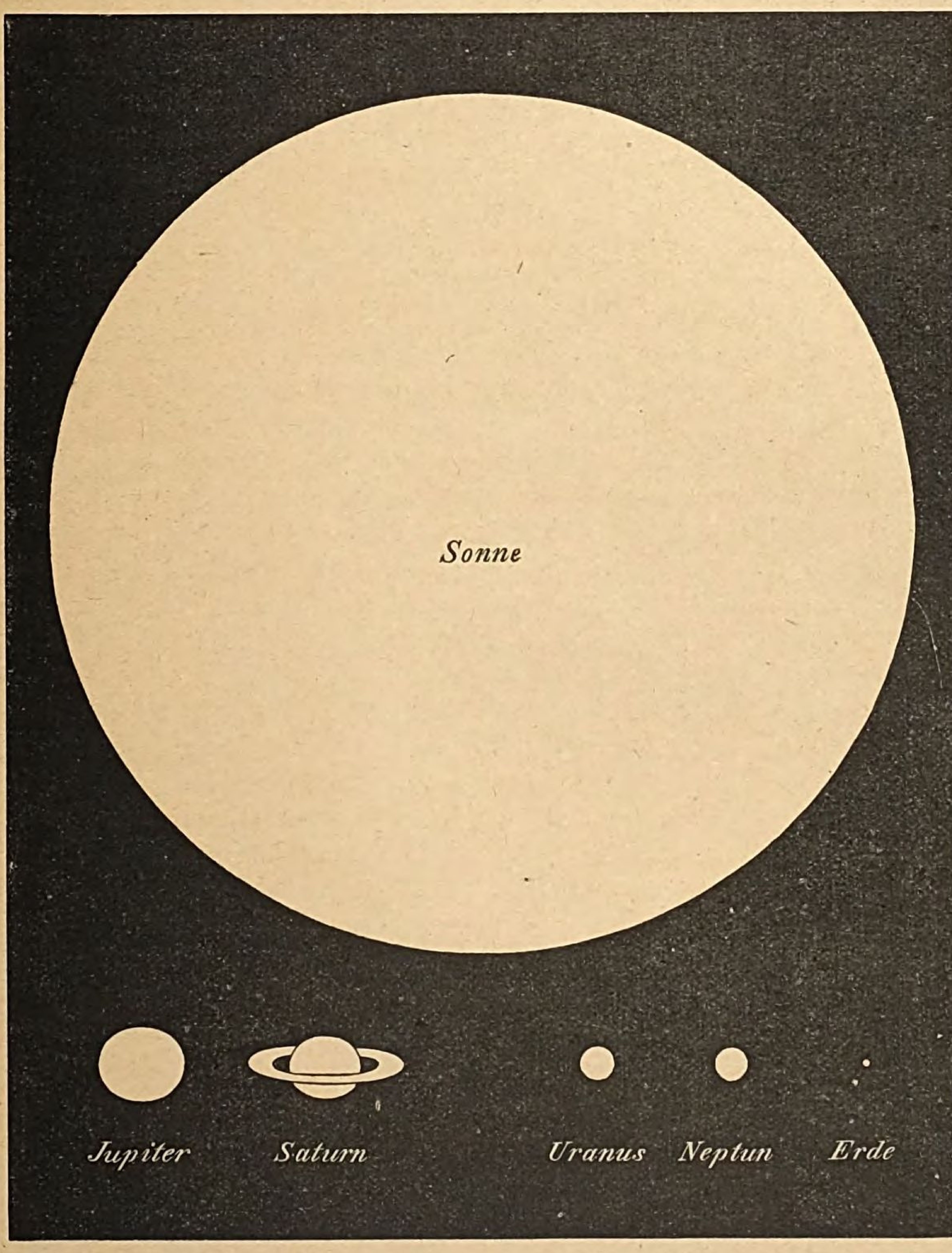
---

Laplace wußte sich aber zu helfen, indem er sich schriftlich an den Genannten wandte und mit seinem Briefe zugleich eine kleine Abhandlung über mechanische Probleme verband. d'Alembert war von dieser Arbeit dermaßen entzückt, daß er den jungen Mann sofort rufen ließ und ihn mit der schmeichelhaften Versicherung empfing, ein so außerordentlich befähigter Mensch bedürfe keiner Empfehlung. Durch seine Vermittelung wurde Laplace als Examinator an der königlichen Artillerie-Schule zu Paris angestellt, und bereits im Alter von 24 Jahren nahm ihn die Akademie der Wissenschaften als Mitglied auf. Sehr bald machte er durch seine auf den eben erst von Herschel entdeckten Uranus bezüglichen Berechnungen von sich reden, wie er sich überhaupt durch seine glänzende Befähigung, das Verworrene in der astronomischen Wissenschaft zu ordnen und das Lückenhafte zu ergänzen, um die großartigen Fortschritte der Sternkunde, die zu jener Zeit eben erst in Gang gekommen waren, unsterbliche Verdienste erwarb. Laplace wurde in das Institut aufgenommen und auch als eines der ersten Mitglieder dem neu errichteten Längenbureau zugeteilt. Eine kurze Zeit war er während des Konsulates Bonapartes Minister des Innern, später Senatsmitglied und Kanzler dieser Körperschaft. Als sich Napoleon I. die Kaiserkrone aufs Haupt setzte, erhob er Laplace in den Grafenstand, und Ludwig XVIII. ernannte ihn zum Pair und verlieh ihm 1814 den Marquistitel. Er starb am 5. März 1827. Von seinem Hauptwerke, der „Mechanik des Himmels“, erschien der erste Band 1799, der fünfte und letzte 1825.

können. Die Hitze wirkt bekanntlich ausdehnend, und diese Wirkung übt sie auch auf die äußeren Teile der Sonnenmasse in um so höherem Grade aus, als die Schwerkraft, deren Sitz wir uns im Mittelpunkte des Sonnenkörpers denken müssen, auf diese Teile weniger intensiv einwirkt als auf die im Innern sich anhäufenden. Die Dampfatmosphäre wird sich also in erheblichem Maße ausgedehnt und dabei die Gleichgewichtsgrenze zwischen Centrifugal- und Anziehungskraft überschritten haben; dazu kommt noch, daß infolge der Zusammenziehung des ganzen Sonnenkörpers die Umdrehungsgeschwindigkeit desselben sich wesentlich erhöht haben wird, und daß infolge dieses Umstandes ein vermehrter Zudrang der äußeren Teilchen gegen den Aequator der Sonnenkugel eingetreten ist. Ein einfaches Experiment läßt uns diese Wirkung ganz deutlich erkennen. Wenn wir einen Reif aus Pappe auf eine Achse stecken, die sich vermittelst eines einfachen Mechanismus langsamer oder schneller in Umdrehung versetzen läßt, so wird der Reif, der im Ruhezustand den kreisförmigen Längsschnitt einer Kugel darstellt, allmählich die Form einer Ellipse annehmen, und zwar in desto höherem Maße, je schneller die Umdrehung erfolgt. Die Ursache dieser Erscheinung ist die Centrifugalkraft, welche alle Teile des Papperinges gegen dessen mittleren Querschnitt, also gegen den Aequator, hindrängt. Am Aequator werden sich also die Teilchen der dampfförmigen Sonnenatmosphäre am meisten von der Gleichgewichtsgrenze entfernt haben, und hier wird infolgedessen die Abtrennung des diese Grenze überschreitenden Teiles der äußeren Schicht stattfinden. Wenn die Einwirkung der Centrifugalkraft auf alle Teile der in Betracht kommenden äquatorialen Schicht die gleiche ist, so wird die Abtrennung in Gestalt eines Ringes erfolgen. Ein Beispiel hiervon sehen wir am Planeten Saturn, von welchem später ausführlicher die Rede sein wird. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Vorgang sich wiederholen kann, so lange die dazu erforderlichen Vorbedingungen vorhanden sind. Ist aber die Einwirkung der Centrifugalkraft auf die äquatoriale Zone aus irgend welchen Gründen eine ungleichartige, so kann man sich wohl vorstellen, daß die Abtrennung auch in anderer Weise vor sich gehen, so beispielsweise nur an einzelnen Stellen stattfinden kann, in welchem Falle dann die den abgetrennten Teilen selbst innewohnende Anziehungskraft für die fernere Gestaltung desselben maßgebend sein wird. Bleiben wir zunächst bei der Ringbildung, so tritt uns sofort ein weiterer Umstand vor Augen, den wir zu berücksichtigen haben. Der Ring bildet einen geschlossenen Körper, der die vom Centralkörper ihm mitgeteilte Bewegung beibehält. Diese Bewegung wird aber auf der inneren, dem Centralkörper zugewandten Seite eine geringere sein als an der Außenseite, die bei ihrem größeren Umfange in derselben Zeit die Umdrehung um den Centralkörper vollziehen muß wie die Teilchen am inneren Rande des Ringes. Am Außenrande wird somit die Einwirkung der Centrifugalkraft eine stärkere sein als am inneren, und hier wird sich also das Bestreben des Zerreißens der Masse äußern, dem diese nur dann auf die Dauer widerstehen kann, wenn die Anziehungskraft der einzelnen Teilchen kräftig und gleichmäßig genug wirkt, um die Zerreißung zu verhindern, und wenn hinsichtlich der Zusammenziehung und Abkühlung der gesamten Ringmasse eine große Gleichmäßigkeit besteht. Schon aus der Natur der verschiedenen Kräfte und Einflüsse, die auf eine solche kosmische Masse wirken, erklärt es sich, daß in den meisten Fällen die Zerreißung des Ringes stattfindet; selbst die Ringe des Saturn, die allerdings ein unanfechtbares Beispiel der Ringbildung an sich geben, scheinen nach neueren Beobachtungen nicht in geschlossenem Zusammenhange zu stehen, sondern aus einzelnen dicht an einander gedrängten Körpern zusammengesetzt zu sein, von denen einzelne sich weitab von der Gesamtmasse entfernt und zu Monden entwickelt haben. Fast immer werden die Ringe an mehreren Stellen zerreißen und die einzelnen Teile derselben darnach ihre Bewegung um den Centralkörper selbständig fortsetzen. Hierbei werden auf diese Teile hauptsächlich zwei Kräfte einwirken: die Anziehungskraft ihrer Einzelteilchen unter sich und der stärkere Einfluß der Centrifugalkraft auf die vom Centralkörper abgewandten Teile, die sich ursprünglich am Außenrande des Ringes befanden. Während die Anziehungskraft gegen den Schwerpunkt der neugebildeten Körper hin wirkt, wird die trägere Masse an der inneren Seite von der stärker bewegten der Außenseite beeinflußt und dadurch

in eine rotierende Bewegung mit einbezogen werden; dadurch sind die Vorbedingungen zur Kugel- bezw. Sphäroidbildung*) gegeben und aus den Sonnenringen entstehen Planeten, aus den Planetenringen Satelliten oder Monde.

Wir verweilen, der chronologischen Reihenfolge der Entwickelungsvorgänge folgend, zunächst bei den Planeten. Die Möglichkeit der Entstehung eines solchen ohne vorherige Ringbildung haben wir bereits angedeutet; setzen wir aber Ringbildung als die unerläßliche Vorbedingung der Planetenbildung voraus, so können wir kaum annehmen, daß durch Zerreißung des Ringes sofort ein einzelner Planet entstehen konnte, denn ein so entstandener Planet müßte im Anfang ungefähr die Gestalt eines Kometen haben, dessen Kopf und Schweifende an der Zerreißungsstelle nahe bei einander liegen müßten, und dessen Schwerpunkt im Kopfe läge, der allmählich die Masse des nachfolgenden Schweifes an sich heranziehen und mit sich zur Kugelgestalt vereinigen müßte. Ein solcher Vorgang würde eine außerordentliche Ungleichartigkeit in der Zusammensetzung der Ringmasse voraussetzen und kaum anders als durch von außen her einwirkende Kräfte zustande kommen können.



Größenverhältnisse im Sonnensystem.

Wahrscheinlicher ist, daß zunächst aus den einzelnen Teilen des mehrfach zerrissenen Ringes einzelne Körper entstehen, von denen der größte durch seine Anziehungskraft die übrigen, die mit ihm auf derselben Bahn um den Centralkörper sich bewegen, allgemach in sich auf-

*) Sphäre, griechisch s. v. w. Kugel; Sphäroid ein kugelähnlicher Körper, der im Querschnitte, wenn dieser senkrecht auf die kürzere Achse gelegt wird, Kreise, wenn aber der Querschnitt parallel zur Ebene der kürzeren Achse geführt wird, Ellipsen darstellt. Die Himmelskörper sind Rotations-Sphäroide, d. h. durch Rotation entstanden; ihre kürzere Achse verbindet die Pole, die längere liegt in der Ebene des Aequators.

nimmt. Die hierbei sich abspielenden Vorgänge können verschiedener Art sein; vielleicht zeigt sich uns das Beispiel eines solchen in den Planetoiden, auf die wir in einem späteren Kapitel zurückkommen werden.

Die weitere Entwickelung der auf solche Weise entstandenen Himmelskörper läßt sich in wenigen Worten schildern. Jeder neuentstandene Planet ist zunächst in seinem Wesen dem Centralkörper ähnlich; er besteht aus einer glühenden Masse, in deren Innern die Materie sich mehr und mehr verdichtet, während die leichteren Teile seine äußere Hülle bilden. Die Bildung von Planetenringen und Monden vollzieht sich jedenfalls schon in einem frühen Entwickelungsstadium des betreffenden Körpers, der infolge seiner allmählichen Verdichtung selbst eine leuchtende Sonne für seine Satelliten darstellt, bis endlich mit fortschreitender Abkühlung seine Leuchtkraft mehr und mehr abnimmt und endlich der Erstarrungsprozeß an der Oberfläche eintritt, durch welchen der Feuerball in einen festen dunkeln Körper verwandelt wird. Ein solcher ist beispielsweise unsere Erde, wogegen die beiden größten Planeten unseres Sonnensystems, Jupiter und Saturn, trotz ihres weit höheren Alters in ihrer Abkühlung noch nicht so weit vorgeschritten sind. Aus ihrer großen Lichtstärke darf man den Schluß ziehen, daß sie sich noch jetzt in glühendem Zustande befindet.

Die Abbildung auf voriger Seite zeigt uns die Größenverhältnisse der Planeten unseres Sonnensystems im Vergleiche untereinander und zur Sonne. Mars, der an Größe der Erde fast gleichkommt, und die weit kleineren Planeten Venus und Merkur sowie die winzigen Planetoiden sind dabei nicht berücksichtigt; ersterer aus dem Grunde nicht, weil sein Bild keine merkliche Abweichung von dem der Erde zeigen würde, die anderen nicht, weil sie in diesem Maßstabe fast oder ganz unsichtbar bleiben würden. Die verhältnismäßige Kleinheit des Neptun und Uranus gegenüber dem Saturn und Jupiter ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß jene bei ihrem weit höheren Alter ihren Entwickelungsgang bereits abgeschlossen und das Maximum ihrer Zusammenziehungsfähigkeit erreicht haben, während diese noch in kosmischer Entwickelung begriffen sind. Vielleicht mag aber auch die Sonne zur Zeit ihrer Entstehung noch eine geringere Rotationsgeschwindigkeit besessen haben als zur Zeit der Entstehung des Saturn und Jupiter, so daß die Gleichgewichtsgrenze zwischen Centrifugal- und Schwerkraft damals noch weiter entfernt vom Sonnenmittelpunkt und infolgedessen die über jene Grenze hinausdrängende Schicht der Atmosphäre geringer war als später.

Ueber die Verhältnisse der verschiedenen Körper unseres Sonnensystems äußert sich in sehr anschaulicher Weise der Physiker und Philosoph Gustav Theodor Fechner (1801—1887) in seinem um die Mitte unseres Jahrhunderts erschienenen Werke: „Zend-Avesta“ oder „Ueber die Dinge des Himmels und des Jenseits“ folgendermaßen: „Die eine Weltkugel (Sonne) ist ein Riese, wogegen alle anderen winzige Zwerge, und unter diesen wieder eine (Jupiter) ein Riese gegen alle anderen. Die eine (Saturn) fast platt, andere (Sonne, Merkur, Mond) fast rein kugelig; die eine (Mond) rauh von Gebirgen, andere (wie die Erde) verhältnismäßig viel glätter; eine (Merkur) dichter als die Erde, eine andere (Saturn) siebenmal dünner als die Erde, dünner als Wasser und Oel; auf einer (Sonne) eine Feder bleischwer, auf anderen (den Asteroiden) Blei federleicht; auf der einen (Erde, Mars) Nebel, Wolken, Wasser, Eis, auf der anderen (Mond) ewige Trocknis und klarer Himmel; auf der einen (Mond) ein Tag von einem Monat, auf anderen (Saturn, Jupiter) nur von 10 Stunden; auf der einen (Merkur) das Jahr 88 unserer Tage, auf einer anderen (Neptun) mehr als 100 unserer Jahre lang; die eine um die Sonne schleichend, die andere eiligst rennend; die eine (Venus) in fast kreisförmiger Bahn, die andere (Pallas) in gestreckter Ellipse; die eine (Merkur) ganz nahe um die Sonne, die andere (Neptun) unsäglich weit davon; fast alle rechtläufig, doch einige (Uranusmonde) rückläufig; fast alle Bahnen sich umschließend, doch einige (diejenige der Asteroiden) wie Kettenglieder ineinandergreifend; für den einen (Merkur) die Sonne groß wie ein Wagenrad und glühend wie ein Ofen am Himmel stehend, für andere (Uranus.

Neptun) wie ein ferner, kalter Stern; dort der Tag blendend hell, hier dämmerig dunkel; manche (Merkur, Venus) mit einer Nacht ohne Mond, andere (Erde, Jupiter, Saturn) mit einem, vier und acht Monden; die meisten nackt, einer (Saturn) mit einem oder mehreren Reifen u. s. w. Und das alles Unterschiede, die sich schon in vielen Tausenden, ja Millionen Meilen Entfernung beobachten oder erschließen lassen: wie mag nun alles in der Nähe verschieden auf den verschiedenen Weltkörpern aussehen! Wie ganz anders muß sich das organische Leben infolge der anderen Lebensbedingungen gestalten, wo die Schwere so ganz anders wirkt, wo die Sonne so viel glühender oder so viel kälter, wo ein so ganz anderes Jahres- oder Tagesmaß, die Mischung und Kohärenz*) der Stoffe so ganz anders ist!" Fechner berührt hier eine Frage, mit der sich schon manche Männer der Wissenschaft, namentlich in älteren Zeiten, beschäftigt haben und die darum an dieser Stelle kurz in Betracht gezogen werden möge. Es ist dies die Frage, ob auch andere Planeten oder Himmelskörper überhaupt mit lebenden Wesen bevölkert sind. Folgen wir dem zu Beginn dieses Kapitels angeführten Grundsatze Zöllners, wonach bei allen Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper die Annahme zu Grunde gelegt werden muß, daß die allgemeinen und wesentlichen Eigenschaften der Materie im ganzen Kosmos überall dieselben seien, so ist diese Frage — wenigstens im Prinzip — für uns bereits gelöst. Sie beantwortet sich einfach in dem Sinne, daß auf allen Himmelskörpern, die gleiche oder ähnliche Lebensbedingungen wie die Erde bieten, ein organisches Leben, das demjenigen der Erde gleicht oder ähnlich ist, ohne weiteres vorausgesetzt werden darf, daß es sich aber mit dem Standpunkte des wissenschaftlichen Denkers nicht vereinigen läßt, eine Lebewelt anzunehmen, die unter Bedingungen bestehen und denselben entsprechend organisiert sein kann, wie sie den Lebensbedingungen unserer Erde fremd sind. Wir können uns also Himmelskörper nicht belebt denken, die, wie beispielsweise der Mond, keine Atmosphäre besitzen oder, wie Saturn und Jupiter, noch in glühendem Zustande sich zu befinden scheinen, oder endlich solche, die entweder — wie Neptun und Uranus — von der Sonne so weit entfernt sind, daß diese ihnen kaum noch die nötige Lebenswärme zu spenden vermag, oder — wie Merkur — ihr so nahegerückt sind, daß die dort herrschende Wärme allen Eiweißstoff gerinnen machen und daher alles Leben zerstören würde. Diejenigen älteren Astronomen, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben, sind aber von einer anderen Ansicht ausgegangen; so meint Huygens (vgl. S. 57) im ersten Teile seines „Kosmotheoros", daß auf allen diesen Welten, wie verschieden sie auch von unserer Erde sein mögen, doch immer Wasser zu finden sein müsse, weil ohne dieses weder vegetabilisches noch animalisches Leben gedacht werden könne. Daß er bei dieser Schlußfolgerung Ursache und Wirkung vollständig miteinander verwechselt, scheint diesem so scharfsinnigen Mathematiker nicht zum Bewußtsein gekommen zu sein; er geht vielmehr von derselben sofort zu einer anderen Schlußfolgerung über und meint, daß es allerdings ein anderes Wasser sein müßte als das unserige, weil dieses schon auf einem Planeten, der sich in der Entfernung des Saturn um die Sonne bewegte, nur noch als Eis vorhanden sein könnte, während es auf dem Merkur nur in Dampfform vorkommen könnte. Wo aber eine solche Flüssigkeit vorhanden ist, da müssen sich nach Huygens Meinung auch Pflanzen finden, die ebenso wie bei uns wachsen, indem sie mit ihren Wurzeln die Bestandteile des Bodens und mit ihren Blättern die der Luft einsaugen und verarbeiten. Wo aber Pflanzen sind, da werden auch Tiere sein, die sich von diesen Pflanzen nähren und ebenso wie bei uns wachsen und sich fortpflanzen. Natürlich muß auch eine Atmosphäre vorhanden sein, weil das Wasser ohne diese schnell verdunsten und alle Meere und Flüsse austrocknen würden. Diese Atmosphäre ist aber vielleicht bei manchem Planeten gar sehr von der unserigen verschieden, so z. B. auf dem Jupiter so dicht, daß wir in derselben wie in unserem Wasser schon schwimmen könnten. Huygens

*) Kohärenz, lat., s. v. w. Zusammenhang; daher auch Kohäsion, das Zusammenhaften der Teilchen eines festen oder flüssigen Körpers.

krönt das Gebäude seiner Spekulation mit der Annahme, daß diese Welten unter den vorher erwähnten Voraussetzungen auch von vernünftigen Wesen bewohnt sein können, ja müssen, damit es auch dort Wesen gebe, die über die Wunder des Himmels nachdenken und die Größe des Schöpfers in seinen Werken bewundern können. Auch soll kein Zweifel bestehen, daß jene Vernunftwesen ganz in derselben Weise physisch und intellektuell organisiert sein müssen wie wir; denn — so meint Huygens — wenn sie nur z. B. keine Augen hätten, wie sollten sie ihre Nahrung suchen, ihre Freunde erkennen, ihre Feinde fliehen, und warum sollte denn die Sonne über ihnen scheinen, wenn sie sich doch nicht sehen können und wenn sie bloß unter der Erde wie unsere Maulwürfe und Regenwürmer sich aufhalten? Zwar wendet Huygens gegen seine eigene Anschauung ein, daß es vielleicht auf manchen dieser Weltkörper mehrere Gattungen vernünftiger Wesen geben könne. Doch entkräftet er sofort diesen Einwand mit der Redensart, daß dies der Weisheit der Natur zuwiderlaufen würde, weil diese Vernunftwesen verschiedener Art sich durchaus nicht miteinander vertragen und sich bald gegenseitig aufreiben würden. Nach seiner Annahme muß es auf jenen ferneren Welten auch Gelehrte, besonders Astronomen geben, die er für durchaus notwendig hält, damit auch dort die Erkenntnis der Größe der Schöpfung den Vernunftwesen zugänglich gemacht werden könne. Auf die weiteren, mehr als naiven Betrachtungen, die Huygens an die Lebewelt anderer Planeten knüpft, wollen wir uns nicht einlassen; das hier Gesagte genügt vollkommen, um zu zeigen, wie beschränkt zur Zeit dieses bedeutenden Gelehrten die Weltanschauung gewesen sein muß, um selbst in einem so wohlorganisierten Gehirn derlei kindliche Vorstellungen und verdrehte Schlußfolgerungen entstehen zu lassen. Es sei nur noch bemerkt, daß sich Huygens nicht auf allgemeine Bemerkungen über die Lebewelt anderer Himmelskörper beschränkt, sondern auch jedem einzelnen Planeten seine Aufmerksamkeit zugewendet hat, um sich Vorstellungen von den besonderen Verhältnissen seines organischen Lebens zu bilden. So sagt er z. B. vom Merkur, wo die Sonnenscheibe siebenmal größer als bei uns erscheint, daß daselbst eine so intensive Hitze herrschen müsse, daß alle unsere Pflanzen dort verdorren und wir selbst in kurzer Zeit zu Grunde gehen müßten. Daher — so schließt er wieder mit unbegreiflicher Naivetät — sind die Pflanzen und Tiere so eingerichtet, daß sie diese höhere Temperatur sehr gut ertragen und sich in einem Zustande ganz wohl befinden können, der für uns geradezu unerträglich wäre. Die Bewohner dieses Planeten — fügt er hinzu — glauben gewiß, daß wir hier auf der Erde schon längst vor Kälte erstarrt sind, wie wir selbst dies von den Leuten im Uranus glauben müssen, während sich doch thatsächlich jeder in seiner Welt und unter seinen Verhältnissen zu Hause und wohl fühlt. Den Einfluß der Wärme auf das Gedeihen des Lebens nach Gebühr schätzend, glaubt Huygens annehmen zu müssen, daß sich derselbe in gleichem Verhältnisse zur Zunahme der Temperatur steigern müsse, und daß folgerichtig die Bewohner des Merkur uns Erdenmenschen an geistigen Fähigkeiten weit überlegen sein dürften. Aber in diesem Punkte zweifelt er selbst an dem Zutreffen seiner Schlußfolgerung, weil sich der Gedanke an die Bewohner unserer Tropengegenden in seine Spekulationen eindrängt, die doch auch unter dem Einflusse eines viel wärmeren Klimas stehen als wir und trotzdem den Europäern an Geisteskraft weit nachstehen. Die weitere Ueberlegung, daß, wenn aus dem angegebenen Grunde die Merkurbewohner uns an Intelligenz überragen sollten, aus demselben Grunde die Bewohner des Jupiter und Saturn Dummköpfe sein müßten, veranlaßt ihn, die Betrachtungen über diesen Gegenstand fallen zu lassen, und dies umsomehr, weil gerade die Vernunftwesen dieser beiden Planeten mit ihrer Ring- und Mondausstattung so schöne Gelegenheit haben, astronomische Beobachtungen zu machen und sich in dieser Wissenschaft in hervorragender Weise auszubilden.

Als Seitenstück zu Huygens ließen sich noch die Phantasien des Jesuiten Athanasius Kircher (1601—1680) anführen, der in seinem Werke „Iter ecstaticum“ in Gesellschaft eines Genius eine Reise durch die Planetenwelt unternimmt und sich bei der Schilderung seiner Erlebnisse in die phantastischsten Bilder und astrologischen wie scholastischen Spekulationen verirrt. Beispielsweise sei bemerkt, daß auch er — wie Huygens — ein

Wasser von besonderer Art auf den Planeten voraussetzt, mit welchem daher kein Jude oder Heide gültig getauft werden könnte. Auch der französische Akademiker Bernand Fontenelle (1657—1757) hat sich mit Phantasien über die Lebewelt der Planeten beschäftigt, die im großen Ganzen manche Uebereinstimmung mit denjenigen Huygen's erkennen lassen und vor diesen jedenfalls den Vorzug haben, daß sie bei aller Uebertreibung wenigstens geistreich geschrieben sind. In neuester Zeit beschäftigt wissenschaftliche Schriftsteller — von Edgar Poe und Jules Verne muß hier natürlich abgesehen werden — nur noch die Frage der mutmaßlichen Lebewelt des Mars, auf die wir im nächsten Abschnitte noch zurückkommen werden.

Außer der Sonne, den Planeten und den diesen jedenfalls am nächsten stehenden Asteroiden finden sich in unserem Sonnensystem noch andere Weltkörper vor, die man bis in die neueste Zeit als Gäste desselben betrachtet hat. Es sind dies die Kometen und die Schwärme der Sternschnuppen und Feuerkugeln, die man unter dem Namen der Meteoriten zusammenfaßt und die — wenigstens zum Teil — mit den Kometen identisch oder doch nahe verwandt sind. Sicher scheint zu sein, daß wenigstens ein Teil der ersteren als bleibende Bestandteile unseres Sonnensystems anzusehen sind, und daß von den Meteoriten zwei Ströme um die Sonne kreisen, von denen der eine nur wenig über die Bahn des Uranus hinaustritt, während diejenige des anderen sich noch weit über die Neptunbahn hinaus erstreckt. Die Erde kommt auf ihrem Kreislauf um die Sonne in regelmäßigen Zeitabschnitten in die Nähe dieser Meteoritenströme, was sich durch starke Sternschnuppenfälle kundgiebt. Wir werden auch hierauf in einem späteren Kapitel zurückkommen, und es soll hier nur festgestellt sein, daß auch diese Art von Himmelskörper, soweit sie den erwähnten Strömen angehören, nicht als Gäste, sondern als Bürger unseres Sonnensystems zu betrachten sind, wenngleich auch vielleicht nur als zugewanderte. Auch das Zodiakallicht, auf welches wir später noch zu sprechen kommen werden, bildet höchst wahrscheinlich einen Bestandteil unseres Sonnensystems.

Der Zusammenhang der Himmelskörper unseres Sonnensystems beruht, wie bereits gesagt worden ist, auf ihrer allgemeinen Anziehung an die Sonne, deren Masse, soweit die astronomischen Rechnungen hierüber Aufklärung zu geben vermögen, diejenige aller übrigen Himmelskörper des Sonnensystems um mehr als das Achthundertfache übersteigt. Außer der Anziehungskraft der Sonne wirkt aber auch diejenige auf die Himmelskörper des Sonnensystems ein, die diese selbst gegenseitig auf sich ausüben, und diese Einwirkung giebt sich namentlich in den Störungen kund, welche ihre Bahnen erfahren. Um einigermaßen einen Ueberblick über das Wechselspiel der Kräfte zu gewinnen, die auf die Bewegung der Planeten und sonstigen Körper des Sonnensystems Einfluß üben, wollen wir versuchen, uns über ihre Natur und ihren Ursprung Rechenschaft zu geben.

Wie uns bereits Newton gelehrt hat, hält die Anziehungskraft nicht nur die einzelnen Himmelskörper, sondern auch das ganze Weltgebäude zusammen. Jedes kleinste Stoffteilchen, gleichviel, ob dasselbe mit der Gesamtmasse, der es angehört, in festem, flüssigem oder luftförmigem Zusammenhange steht, hat das Bestreben, sich mit anderen zu vereinigen und mit der Gesamtheit ein zusammenhängendes Ganze zu bilden. Würde neben der Anziehung keine andere Kraft auf die Materie einwirken, so würde dieselbe eine einzige, geschlossene Masse bilden, die den gesamten Raum gleichmäßig ausfüllen würde. Die Thatsache, daß dieser Zustand nicht besteht, beweist an sich schon, daß auch noch andere Kräfte auf die Materie wirken. Ein Beispiel davon ist die Wirkung des Magnetes auf ein in seine Nähe geratendes Eisenteilchen. Solange der Magnet nicht auf dasselbe wirkt, wird es ruhig an seinem Orte liegen bleiben; es ist gefesselt durch die allgemeine Anziehungskraft oder Schwerkraft, die alle Materie beherrscht und die auch jenes Eisenteilchen zwingt, sich in derjenigen Richtung, in der die Schwerkraft auf dasselbe wirkt, der übrigen in seiner Umgebung befindlichen Materie, die unter dem Einflusse derselben und in gleicher Weise wirkenden Kraft steht, zu folgen. Da alle der Erde angehörende Materie in entsprechender Weise von der irdischen Anziehungskraft beherrscht wird, als

deren Sitz wir uns den Mittelpunkt des Erdkörpers vorzustellen haben, so wird auch das Eisenteilchen, das wir zum Gegenstand unserer Betrachtung machen, dem Mittelpunkte der Erde sich soweit zu nähern trachten, als dies unbehindert durch andere dazwischenliegende Materie geschehen kann; nähert sich ihm aber der Magnet, so wird es seiner Anziehungskraft in dem Augenblicke folgen, in welchem diese das Uebergewicht über die Wirkung der allgemeinen Schwerkraft erlangt, und der über dasselbe gehaltene Magnetstab wird es zwingen, sich in einer Richtung zu bewegen, die derjenigen der allgemeinen Anziehungskraft gerade entgegengesetzt ist. Liegt aber neben dem Eisenteilchen ein Messing- oder Bleispänchen, so wird dieses von der Anziehungskraft des Magnetes völlig unberührt bleiben, weil eben die Magnetkraft sich nur auf bestimmte Stoffe erstreckt. Während wir uns die Schwerkraft oder allgemeine Anziehungskraft als ein in der Materie und unzertrennlich von ihr bestehendes Naturelement vorzustellen haben, das ebensowenig ohne die Materie als diese ohne die Schwerkraft gedacht werden kann, erblicken wir in der Kraft des Magnetes eine Teilerscheinung, die nur unter besonderen Umständen auftritt und die nicht von innen heraus, sondern von außen her auf die Materie wirkt.

Eine solche von außen her auf die kosmische Materie wirkende Kraft muß auch diejenige sein, durch die die Verteilung dieser Materie auf eine so große oder besser gesagt unermeßliche Zahl von größeren und kleineren Körpern bewirkt wird; denn wäre die dem Stoffe selbst innewohnende allgemeine Anziehungskraft Alleinherrscherin im Kosmos, so ließe sich nicht begreifen, weshalb diese Teilung erfolgt ist. Die Entwickelungsgeschichte unseres Sonnensystems, wie sie der heutigen wissenschaftlichen Anschauung entspricht, zeigt uns zwei ihrer Natur nach gegensätzliche Erscheinungen: einerseits das Bestreben der Materie, sich um einen Centralpunkt zu sammeln, und andererseits das Bestreben, von diesem Centralpunkte sich wieder zu entfernen und neue Centralpunkte zu bilden. Während wir in dem ersteren Bestreben die Wirkung der allgemeinen Schwerkraft erkennen, sind wir genötigt, das andere aus der Einwirkung einer zweiten Kraft herzuleiten, die entweder von Anfang an stärker als jene war und daher von vornherein die Vereinigung der gesamten Materie um einen gemeinsamen Anziehungspunkt zu verhindern strebte, oder erst während des Verlaufes der kosmischen Entwickelung in Wirksamkeit trat, oder in dem Maße sich steigerte, daß sie das Uebergewicht über die allgemeine Anziehungskraft gewann und die durch diese bewirkte Vereinigung der Materie wieder aufhob. Das Wechselspiel in der Entwickelung der Himmelskörper, das nach der Ablösung eines Teiles der Materie des Centralkörpers die Wiedervereinigung derselben zu einem neuen Centralkörper (dem Planeten) bewirkt und diesen sodann neuerdings zur Decentralisation (der Bildung von Satelliten) veranlaßt, hat uns diese zweite Kraft als Centrifugalkraft kennen gelehrt und uns zugleich gezeigt, daß diese Kraft nicht eine der Materie selbst innewohnende, sondern vielmehr eine ihr erst durch die Rotationsbewegung mitgeteilte ist. Welches ist aber der Ursprung der Rotationsbewegung? Die Erscheinungen im Kosmos, die unsere Astronomen bisher zu beobachten Gelegenheit hatten, geben darüber keinen Aufschluß; wohl aber können wir auf jedem Billard die Entstehung der Rotationsbewegung durch einen auf den Ball seitwärts aufprallenden Stoß, an jedem Wagenrad dieselbe als eine Wirkung der Reibung an der Fläche, über die das Rad hingleitet, beobachten. Bestände zwischen den einzelnen Teilen der Billardkugel oder des Wagenrades keine wechselseitige Anziehungskraft, so würde der Stoß gegen die erstere den davon getroffenen Teil derselben von der Gesamtmasse der Kugel abreißen und in der Richtung, in der er geführt worden, fortschleudern, und ebenso würde der durch die Reibung in seiner Bewegung aufgehaltene Teil des Wagenrades sich in der Richtung vom Rade trennen, in der die Reibung auf ihn wirkt. Da aber die den betreffenden Körpern innewohnende Anziehungskraft ihrer einzelnen Teilchen diese Abtrennung verhindert, so werden die beiden auf dieselben wirkenden Kräfte den Effekt haben, daß die eine von ihnen die Gesamtmasse nach wie vor zusammenhält, die andere aber ihr eine Bewegung verleiht, die der Richtung der seitlich einwirkenden Kraft entspricht, diese aber mit der gegen den Mittelpunkt des Körpers gerichteten Anziehungskraft ver-

bindet, woraus die rotierende Bewegung entsteht. Wir wollen diese beiden Kräfte als Attraktions- und Tangentialkraft*) bezeichnen, wobei wir unter ersterer die Anziehungskraft, unter letzterer die seitlich einwirkende Kraft verstehen. Jede von ihnen für sich allein kann nur eine geradlinige Bewegung hervorbringen; aus der Vereinigung beider entsteht dagegen eine krummlinige Bewegung, auf deren besondere Eigenschaften wir noch zurückkommen werden, und die so lange andauert, als diese beiden Kräfte in gleichem Verhältnis auf den betreffenden Körper einwirken.

Von den Eigenschaften der Anziehungskraft ist zunächst hervorzuheben, daß dieselbe einerseits von der Menge der Teile der Körper, die sich gegenseitig anziehen — also von ihrer Masse —, andererseits von der Entfernung abhängt, die zwischen diesen Körpern besteht. Die Stärke der Anziehungskraft steht im gleichen Verhältnisse zur Masse, d. h. die doppelte Masse übt auch doppelte Anziehungskraft, die halbe nur halbe Anziehungskraft aus. Der Stoff, aus welchem die Masse besteht, kommt hierbei nicht in Betracht. Bestimmend für die Masse eines Körpers ist einerseits das Volumen, d. h. der Raum, den er einnimmt, andererseits die Dichtigkeit desselben, d. h. das Verhältnis seines Gewichtes zu dem von ihm eingenommenen Raume, wobei festzuhalten ist, daß seine Dichtigkeit um so größer ist, je kleiner der Raum, den er bei einem bestimmten Gewichte einnimmt. Wenn von zwei Körpern, die von einem dritten gleich weit entfernt sind, der eine ein vielfaches des Gewichtes des anderen besitzt, so ist die Anziehungskraft zwischen demselben und dem dritten im gleichen Verhältnisse ein vielfaches von derjenigen, die zwischen dem leichteren der beiden Körper und dem dritten besteht. Nichtdestoweniger werden aber diese beiden Körper mit gleicher Geschwindigkeit der Anziehungskraft des dritten folgen, denn die größere Last bedarf einer in gleichem Verhältnisse größeren Kraft, um mit gleicher Geschwindigkeit fortbewegt zu werden, wie die leichtere durch die verhältnismäßig geringere Kraft.

Die Stärke der Anziehungskraft, die ein und derselbe Körper auf zwei andere in ungleicher Entfernung von ihm befindliche ausübt, steht in umgekehrtem Verhältnis zu den Quadraten der beiderseitigen Entfernungen; sie beträgt also bei zweifacher Entfernung nur das $\frac{1}{2^2}(= 1/4)$fache, bei dreifacher Entfernung nur das $\frac{1}{3^2}(= 1/9)$fache, bei vierfacher Entfernung nur das $\frac{1}{4^2}(= 1/16)$fache u. s. w. derjenigen Anziehungskraft, die bei einfacher Entfernung statthaben würde. So wirkt beispielsweise die Anziehungskraft der Sonne auf den Jupiter, dessen Entfernung annähernd das 5,2fache derjenigen der Erde von der Sonne beträgt, nur mit den $\frac{1}{5{,}2 . 5{,}2}(= 1/27)$fachen der Kraft, mit welcher die Erde von der Sonne angezogen wird.

Wird ein Körper von zwei anderen ungleich weit von ihm entfernten angezogen, so verhalten sich die Stärken der beiderseitigen Anziehungskräfte wie die durch die Quadrate ihrer Entfernungen dividierten Massen der beiden Körper. Als Beispiel hierfür führt Diesterwegs „Populäre Himmelskunde" das Verhältnis an, in welchem die Stärke der von der Sonne auf den Mond ausgeübten Anziehung zu derjenigen der Anziehung steht, welche die Erde auf ihre Trabanten ausübt. Gesetzt, die Masse der Sonne sei 324 000 mal so groß als diejenige der Erde, so wäre die Anziehung der Sonne auf den Mond auch 324 000 mal so groß als die Anziehung der Erde auf den Mond, wenn dieser ebensoweit von der Sonne wie von der Erde entfernt wäre. Wäre dagegen die Masse der Sonne jener der Erde gleich, so würde, da die Entfernung des Mondes von der Erde nur $1/400$ seiner

---

*) Attraktion s. v. w. Anziehung; Tangente, lat., s. v. w. „die Berührende", nennt man eine gerade Linie, die eine krumme an einem Punkte berührt; sie giebt zugleich die Richtung an, welche die krumme Linie, wenn dieselbe in Bewegung gedacht wird, an dem berührten Punkte hat. Die Tangentialkraft müßte, streng genommen, der Richtung der Tangente folgen; in Wirklichkeit ist dies keineswegs immer der Fall.

Entfernung von der Sonne beträgt, die Anziehungskraft der Sonne auf den Mond nur $\frac{1}{400 \,.\, 400}$ (= $^{1}/_{160000}$) der Anziehungskraft betragen, die die Erde auf ihren Begleiter ausübt. Folglich ist in der That die Kraft, mit welcher der Mond von der Sonne angezogen wird, gleich $^{324000}/_{160000}$ oder rund $^{32}/_{16}$ derjenigen Kraft, mit welcher er von der Erde angezogen wird, d. h. jene ist annähernd doppelt so groß als diese. Man muß daher die Bewegung des Mondes um die Sonne als seine Hauptbewegung, diejenige um die Erde als seine Nebenbewegung ansehen, und in der That bildet die erstere eine geschlossene Schlangenlinie, die die Erdbahn bald an ihrer der Sonne, bald an der von dieser abgewendeten Seite durchschneidet.

Wie schon früher erwähnt, folgt ein Körper der Anziehungskraft eines zweiten, sofern nicht noch andere Kräfte gleichzeitig auf ihn einwirken, und nähert sich ihm in gerader Linie. Die Schnelligkeit, mit welcher diese Bewegung vollzogen wird, hängt von der Stärke der Anziehungskraft ab, nimmt aber im Verlaufe der Bewegung fortwährend zu. Nicht die Masse des angezogenen*), sondern diejenige des anziehenden Körpers sowie die Entfernung zwischen beiden sind maßgebend für die Geschwindigkeit der durch die Anziehung bewirkten Bewegung. Darum bewegen sich auf der Erde freifallende Körper bei gleicher Fallhöhe ohne Rücksicht auf ihr Gewicht und Volumen stets mit gleicher Geschwindigkeit, weil die hierfür maßgebende Kraft — die Anziehungskraft der Erde — in allen Fällen die gleiche bleibt. Natürlich muß hierbei vom Widerstande der Luft völlig abgesehen werden, denn dieser äußert sich um so stärker, je größer die dem Boden zugewandte Fläche des fallenden Körpers und je kleiner sein Eigengewicht ist, so daß beispielsweise ein Bogen Papier überhaupt nicht mehr fällt, sondern flattert, und ein Fallschirm die Geschwindigkeit des Falles des daran gehängten Körpers wesentlich herabmindert. Die Geschwindigkeit der Fallbewegung wächst im gleichen Verhältnisse mit der Fallzeit, so daß die erlangte Endgeschwindigkeit nach zwei-, drei- oder vierfacher Fallzeit auch zwei-, drei- oder vierfach größer wird. Dementsprechend verhalten sich die während des Falles zurückgelegten Räume wie die Quadrate der Fallzeiten, d. h. nach der zwei-, drei- oder vierfachen Fallzeit wird der 2 × 2 (= vierfache), 3 × 3 (= neunfache, 4 × 4 (= sechszehnfache) Fallraum zurückgelegt sein.

Neben der allgemeinen Anziehungskraft hat die Materie noch die Eigenschaft des *Beharrungsvermögens*; kraft dieser Eigenschaft verharrt sie in dem Zustande, in dem sie sich befindet, so lange sie nicht durch die Einwirkung äußerer Kräfte in einen anderen Zustand versetzt wird. Sie bleibt im Ruhezustande oder in demjenigen der Bewegung, bis eine äußere Einwirkung ihre Ruhe unterbricht oder ihre Bewegung wieder aufhält. Ein bewegter Körper behält demnach die ihm von irgend einer Kraft erteilte Bewegung nach Richtung und Geschwindigkeit unverändert bei, so lange nicht andere Kräfte hemmend oder verändernd auf ihn einwirken. Bei Himmelskörpern sind die Hemmnisse, die sowohl auf die Richtung der Bewegung als auch auf deren Geschwindigkeit einwirken, hauptsächlich die Anziehungskraft anderer Himmelskörper und der Widerstand des Mediums**), innerhalb dessen die Bewegung sich vollzieht. Körper, die an einem anderen vermöge der Anziehungskraft dieses letzteren haften, machen die Bewegung desselben mit und beharren in derselben auch dann, wenn der Körper, auf welchem sie sich befinden, plötzlich in seiner Bewegung aufgehalten wird. So wird ein Kahnfahrer, dessen Nachen plötzlich durch ein in der Strömung sich ihm entgegenstellendes Hindernis aufgehalten wird, vorn überstürzen.

*) Auch der angezogene Körper übt eine Anziehungskraft auf den ihn anziehenden aus, doch hat dieselbe, wenn der Unterschied zwischen den beiderseitigen Massen ein so großer ist, wie z. B. derjenige zwischen den Massen der Erde und der Sonne, nur eine verschwindend geringe Einwirkung; die Anziehungskraft des Mondes auf die Erde äußert sich dagegen schon wahrnehmbar in der Erscheinung der Flut.

**) *Medium*, lat., s. v. w. Mitte oder Mittel, nennt man die bekannte oder auch bloß vorgestellte Materie, die den Raum ausfüllt, in welchem andere Körper sich aufhalten, bewegen oder leben, mit Beziehung auf eben diese Körper.

Umgekehrt wird aber ein solcher an einem anderen (in Bewegung befindlichen) haftender Körper an und für sich im Zustande der Ruhe beharren oder selbständige Bewegungen ausführen können, die von der Bewegung des ihn tragenden Körpers in keiner Weise abhängig sind. So beharren wir beispielsweise während des Schlafes, oder wenn wir sonst unthätig sind, in vollkommenem Ruhezustande, obwohl der Boden, auf welchem wir ruhen, infolge der Umdrehung der Erde um ihre Achse sich etwa hundert Meilen in der Stunde gegen Osten fortbewegt, und wenn wir in der gleichen Richtung, in der diese Umdrehung erfolgt, ein Stündchen spazieren gehen, so erreichen wir in gemächlichster Gangart unser Ziel, obgleich dasselbe inzwischen um hundert Meilen weiter vorgerückt worden ist. Die Fliege, die in einem Coupé des in voller Fahrt begriffenen Eisenbahnzuges von der Hinterwand nach der Vorderwand des Coupés fliegt, braucht zu diesem Fluge nicht mehr Zeit, als wenn sie ihn in umgekehrter Richtung, also derjenigen des Zuges entgegengesetzt ausführen würde, denn die Bewegung des Zuges, die ihr so gut wie dem Wagen, in welchem sie sich befindet und der darin befindlichen Luft mitgeteilt wird, verkürzt ihr den Weg nach vorne in demselben Verhältnis, wie sie ihren Flug nach rückwärts verlängert. Lassen wir in einem solchen in Bewegung befindlichen Coupé ein Geldstück frei zu Boden fallen, so wird es, obgleich dieses sich rasch, d. h. mit der Geschwindigkeit des Zuges vorwärts bewegt, dennoch scheinbar in gewohnter Weise senkrecht unterhalb des Punktes, von welchem aus sein Fall begonnen hat, den Boden erreichen. Anders gestaltet sich die Sache schon, wenn ein Gegenstand aus bedeutender Höhe — z. B. von der Spitze eines sehr hohen Turmes — zu Boden fällt. Die Geschwindigkeit, mit der die Turmspitze der Rotationsbewegung der Erde folgt, ist eine größere als diejenige, mit der sich der Boden am Fuße des Turmes fortbewegt. Die größere Bewegung an der Turmspitze wird aber dem dorthin gebrachten Gegenstande mitgeteilt und er behält dieselbe auch während seines Falles zur Erde bei. Er wird also diese an einem Punkte erreichen, der nicht senkrecht unter demjenigen liegt, von welchem aus sein Fall begonnen hatte, sondern östlich von demselben. Newton war der Erste, der dies vermutete, und an Hooke, den Sekretär der königlichen Societät der Wissenschaften in London, einen Brief schrieb, in welchem er vorschlug, den Fall kleiner und sehr dichter Körper aus sehr beträchtlichen Höhen, z. B. von der Spitze eines Turmes aus, zu beobachten. Habe die Erde, so schrieb er, keine Bewegung um sich selbst, so werden jene Körper in einer senkrechten Linie zu Boden fallen. Finde aber eine Bewegung gegen Osten statt, so müsse der fallende Körper am Ende seines Falles von der senkrechten Linie eine Abweichung zeigen. Die Societät beauftragte Hooke, Experimente in diesem Sinne vornehmen zu lassen, doch wurde mit demselben kein befriedigendes Ergebnis erzielt, weil die Fallhöhen viel zu gering genommen worden waren. Auch ein später von Guglielmini vorgenommener Versuch, zu welchem der 97,6 m hohe schiefe Turm Asinelli zu Bologna benutzt wurde, blieb erfolglos; es konnte nur eine Fallhöhe von 78 m benutzt werden und der Luftzug im Innern des Turmes scheint einen störenden Einfluß auf das Experiment ausgeübt zu haben. Man wiederholte später noch mehrfach diese Versuche, so 1802 auf dem Michaelisturme in Hamburg und in den beiden nächstfolgenden Jahren im Kohlenschachte zu Schlebusch. An letzterem Orte ergab sich bei einer Fallhöhe von 8,5 m eine östliche Abweichung von 11,4 mm, die mit der Theorie bis auf weniger als $^1/_{10}$ mm übereinstimmte. Uebrigens wäre auch ohne diesen gelungenen Versuch die Thatsache der Abweichung der Fallrichtung von der Senkrechten nicht anzuzweifeln, weil die Umdrehung der Erde ebenso unanfechtbar feststeht, wie die Richtigkeit der Newtonschen Hypothese.

Betrachten wir nun die in krummen Linien sich bewegenden Himmelskörper, so müssen, wie bereits dargethan wurde, mindestens zwei Kräfte als die Veranlassung dieser Bewegung betrachtet werden, und zwar muß die eine derselben (die Anziehungskraft) fortdauernd auf diese Körper wirken. Wäre dies nicht der Fall, so würde in demselben Augenblicke, in welchem diese Kraft zu wirken aufhörte, der Körper sofort in der tangentialen Richtung, die er in diesem Augenblicke hat, geradlinig sich weiterbewegen. Daß

dies nicht geschieht, bewirkt eben jene andere Kraft — die Anziehungskraft —, die ihn fortwährend von der Tangentialrichtung ablenkt, indem sie vom Mittelpunkte seiner Kreisbahn bezw. von einem Brennpunkte seiner elliptischen Bahn aus auf ihn wirkt. Will man sich das Zusammenwirken der Anziehungs- und Tangentialkraft veranschaulichen, so kann dies mittels eines einfachen Versuches geschehen. Man befestigt eine Kugel, etwa einen Gummiball, an einem Faden, dessen anderes Ende festgehalten wird, und schwingt den Gegenstand im Kreise über dem Kopfe. Mit wachsender Schnelligkeit der Drehung wird der Faden immer stärker angespannt; hat man einen elastischen Faden, etwa eine Gummischnur, gewählt, so wird sich derselbe hierbei bis zur äußersten Grenze seiner Ausdehnungsfähigkeit verlängern. Diese gesteigerte Spannung läßt das Bestreben des Körpers erkennen, sich vom Mittelpunkte seiner Umdrehung zu entfernen; es ist die Tangential- oder Centrifugalkraft, der er hierbei folgt, wogegen die Anziehungskraft durch die Schnur vertreten wird, die ihn an dem Mittelpunkte seiner Umdrehung, der schwingenden Faust, festhält. Bei Verlangsamung der Drehung wird auch die Spannung der Schnur wieder nachlassen, die Gummischnur sich zusammenziehen; wird dagegen die Geschwindigkeit der Drehung über die Widerstandsfähigkeit der Schnur hinaus gesteigert, so wird diese abreißen und der Körper in der Richtung der Tangente wegfliegen. Ueberwiegt aber die zusammenziehende Kraft der Schnur (die wir uns in diesem Falle als eine starke, elastische Schnur denken müssen) gegenüber der Schwungkraft, so nähert sich der Körper dem Mittelpunkte seiner Umdrehung, und zwar wird diese Annäherung immer mehr zunehmen, weil, wie bereits früher erwähnt, die Anziehungskraft mit wachsender Annäherung ebenfalls stärker wird, und schließlich wird der Körper sich völlig mit demjenigen, von dem er angezogen wird, vereinigen. Auch dieser Fall kann durch den hier angegebenen Versuch veranschaulicht werden, wenn man die Schnur während der Umdrehung um den emporgestreckten Finger sich aufwickeln läßt. Die Bewegung, die der geschwungene Körper in diesem Falle vollzieht, wird sich nicht in der Kreislinie halten, sondern eine Spirale beschreiben. Nehmen wir an, daß das Medium, in welchem ein um einen anderen sich bewegender Himmelskörper seinen Kreislauf vollzieht, dieser Bewegung auch nur den geringsten Reibungswiderstand entgegensetzt, so muß derselbe die Tangentialkraft stetig vermindern; die Anziehungskraft muß also, wenn auch innerhalb unermeßlicher Zeiträume, mehr und mehr das Uebergewicht über die Tangentialkraft erlangen, und die Bewegung des betreffenden Himmelskörpers wird dann in der That in keiner geschlossenen Kurve, sondern in einer Spirallinie vor sich gehen und schließlich unfehlbar damit enden, daß der angezogene Körper in den anziehenden hineinstürzt.

Durch Beobachtungen, die der Astronom **Tycho de Brahe** an dem Planeten Mars angestellt und die nach dessen Tode sein Schüler **Johannes Kepler** fortgesetzt hatte, geriet dieser letztere zur Aufstellung seiner (bereits S. 49 erwähnten) Theorie der Planetenbewegung. Mars hat nämlich nächst dem Merkur die am meisten excentrische, d. h. vom Mittelpunkte der Sonne abweichende Bahn. Er nähert sich der Sonne bis auf 27 Millionen Meilen und entfernt sich dann wieder von ihr bis zu 33 Millionen Meilen; hier war also Gelegenheit geboten, zu erkennen, daß die Bahnen der Planeten nicht, wie die Alten angenommen hatten und wie auch noch Kopernikus voraussetzte, kreisförmige seien. Nach gründlicher Beobachtung und langem Kampfe gegen seine eigenen, in den alten Anschauungen noch mächtig befangenen Anschauungen stellte **Kepler** (1609) das erste der nach ihm benannten Gesetze auf: Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. Die Art und Weise, wie sich hiernach die Bewegung des Planeten um den Centralkörper bewegt, läßt sich ebenfalls durch ein einfaches Experiment veranschaulichen. Man befestigt einen größeren und einen beträchtlich kleineren Körper an den beiden Enden eines Stockes und schleudert das Ganze hoch in die Luft. Man wird dann beobachten, daß sich der kleinere Körper um den größeren dreht, wobei der letztere ebenfalls der Umdrehung folgen muß. Den Punkt, um welchen diese sich vollzieht, bestimmt der gemeinsame Schwerpunkt der beiden Körper. Je größer der eine im Ver-

hältnis zum andern ist, desto näher wird der gemeinsame Schwerpunkt dem größeren Körper liegen; ist der beiderseitige Größenunterschied sehr bedeutend, so wird der Schwerpunkt in den größeren Körper selbst hineinfallen. Dieses Verhältnis besteht nun thatsächlich in unserem Sonnensystem, dessen gemeinsamer Schwerpunkt noch innerhalb des Sonnenkörpers liegt. Die Bahnen der Planeten weichen infolgedessen zum größten Teile nur wenig von der Kreislinie ab.

Die zwei weiteren Keplerschen Gesetze, betreffend die Planetenbewegung, von denen das letzte fast zehn Jahre nach den beiden ersten entstand, lauten folgendermaßen:

2. der Leitstrahl — auch Radius vector*) genannt, d. i. die Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkte der Sonne und dem des Planeten — beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume;
3. die Quadratzahlen der Umlaufszeiten verhalten sich wie die Kuben der mittleren Entfernungen von der Sonne.

Auf Begründung und nähere Erklärung dieser Gesetze können wir hier nicht näher eingehen und müssen uns darauf beschränken, die praktische Bedeutung derselben kurz zu erörtern. Aus dem zweiten Keplerschen Gesetze geht hervor, daß sich die Bewegung des Planeten immer mehr verlangsamt, je weiter derselbe sich von der Sonne entfernt, wogegen in der Sonnennähe seine Bewegung zu ihrer größten Geschwindigkeit anwächst. Das dritte Keplersche Gesetz wird in Diesterwegs „Populärer Himmelskunde“ durch folgende Beispiele erläutert:

Die Umlaufszeit des Merkur um die Sonne beträgt annähernd 88, diejenige der Erde 365 Tage; das Verhältnis der Quadratzahlen der Umlaufszeiten stellt sich darnach auf ungefähr 1 : 18, wobei die letztere Ziffer auf die Umlaufszeit der Erde sich bezieht. Andererseits beträgt die Entfernung des Merkur von der Sonne $7^1/_2$ oder die Hälfte von 15 Millionen Meilen, die der Erde 20 oder die Hälfte von 40 Millionen Meilen; das Verhältnis der Kuben (Würfelzahlen oder dritten Potenzen) der Entfernungen ist $15^3 : 40^3$, was ebenfalls wieder annähernd dem Verhältnis von 1 : 18 entspricht.

Die Erde umkreist die Sonne in einem Jahr, der Jupiter in nahezu 12 Jahren; mittels des dritten Keplerschen Gesetzes läßt sich aus diesen Ziffern und dem Sonnenabstand der Erde (20 Millionen Meilen) der Sonnenabstand des Jupiter leicht berechnen, denn die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten sich wie die Kuben der mittleren Sonnenabstände, also: $1^2 : 12^2 = 20^3 : x^3$, aus welcher Gleichung sich $x^3 = 1\,152\,000$ und $x = 105$ Millionen Meilen ergiebt, eine Zahl, die der genauer auf 104,7 Millionen Meilen berechneten Jupiterentfernung von der Sonne ziemlich entspricht. Man benutzt das dritte Keplersche Gesetz zur Berechnung der Entfernung eines Planeten von der Sonne, sofern dessen Umlaufszeit sowie die Umlaufszeit und der Sonnenabstand eines anderen Planeten bekannt sind.

Die Anziehungskraft übt einen gewissen Einfluß auf die Geschwindigkeit der Umdrehung der Planeten um ihre Axen aus. Man darf annehmen, daß die Rotationsgeschwindigkeit der Planeten ursprünglich eine weit größere gewesen ist als in den späteren Stadien ihrer Entwickelung, und daß sie sich beständig verlangsamt, bis endlich die Zeit

---

*) Denkt man sich die Ellipse aus der Bewegung eines Punktes um zwei Brennpunkte entstanden, so wird der Punkt in allen seinen Teilen seiner Bahn durch zwei Leitstrahlen mit den beiden Brennpunkten verbunden werden können, deren Summe stets die gleiche bleibt. Darauf beruht die einfache Ausführung einer Ellipse mittels eines Bindfadens, sofern die Entfernung der Brennpunkte und die längere Achse der Ellipse bestimmt sind. Man steckt in beide Brennpunkte Nadeln, schlingt um diese den Bindfaden, vereinigt beide Fadenenden an einem der beiden Endpunkte der längeren Achse und knüpft sie hier zusammen. Stellt man nun die Spitze eines Bleistiftes an diesem Ende in die Fadenschlinge und führt sie in derselben bei stets straff gehaltenem Faden rings herum, so entsteht eine Ellipse.

des Umlaufs um den Centralkörper (Revolutionszeit) und jene der Umdrehung um ihre eigene Achse (Rotationszeit) einander gleich werden. Dieser Zustand ist bereits bei unserem Monde eingetreten, wahrscheinlich auch bei den Monden des Jupiter und Saturn. Schiaparelli nimmt auf Grund mehrjähriger Beobachtungen an, daß auch der Merkur und sehr wahrscheinlich die Venus bereits zur Ausgleichung ihrer Revolutions- und Rotationszeit gelangt sind; daß auch die Erde dereinst dahin kommen werde, sich binnen eines Jahres, d. h. im Verlaufe ihrer einmaligen Umkreisung der Sonne, nur einmal um ihre Achse zu drehen, darf hiernach mit Fug und Recht vorausgesetzt werden. Nach Hansen soll aus astronomischen Beobachtungen und Untersuchungen über frühere Sonnenfinsternisse hervorgehen, daß die hieraus sich ergebende stätige Verlängerung des Erdentages $^1/_{51\,000000\,000000}$ der Dauer des vorhergegangenen Tages betrage. Als Ursache der Verzögernden Wirkung der Anziehungskraft auf die Rotationszeit glaubt man den Umstand bezeichnen zu dürfen, daß die dem anziehenden Körper näher gelegenen Teile des rotierenden Planeten seiner Anziehungskraft in stärkerem Maße ausgesetzt seien als der Mittelpunkt, und daß daher diese Teile durch die Anziehungskraft zurückgehalten werden.

Zu bewundern ist, wie Diesterweg hervorhebt, der Scharfsinn, womit die Astronomen die außerordentlich verwickelten Verhältnisse der zwischen den einzelnen Himmelskörpern zur Wirkung kommenden Anziehungskräfte rechnungsmäßig aufzulösen und festzustellen wissen. Jeder Körper unseres Sonnensystems wird nicht nur von der Sonne, sondern auch von jedem anderen Körper des Systems angezogen, ganz abgesehen davon, daß auch zwischen dem ganzen System und dem übrigen Kosmos ein durch die allgemeine Anziehungskraft vermittelter Zusammenhang vorausgesetzt werden muß. Die Bestimmung der gesamten Anziehung, die irgend ein Körper des Sonnensystems, beispielsweise unsere Erde, zu einem bestimmten Zeitpunkte erleidet, ist daher ein sehr verwickeltes rechnerisches Problem; so steht, um nur die Grundzüge desselben anzudeuten, der Mond bald zwischen Sonne und Erde, bald der Sonne gegenüber und vereinigt seine Anziehungskraft im ersteren Falle mit derjenigen der Sonne, während er im anderen Falle in entgegengesetztem Sinne auf die Erde einwirkt; die inneren Planeten, d. h. diejenigen, deren Bahn von derjenigen der Erde umschlossen wird, befinden sich bald zwischen Sonne und Erde, bald auf der entgegengesetzten Seite der ersteren, die äußeren Planeten bald mit der Erde auf derselben Seite der Sonne, bald auf der entgegengesetzten, und auch in diesen verschiedenen Konstellationen finden die mannigfaltigsten Abweichungen statt, da sie sich auf die verschiedensten Teile der dabei in Betracht kommenden Planetenbahnen verteilen können. Es ist einleuchtend, daß diese verschiedenen Verhältnisse ebenso verschiedene Einwirkungen auf die Richtung der Bewegung und deren Geschwindigkeit ausüben müssen. Wenn trotzdem im großen Ganzen die Umlaufszeit der Erde um die Sonne sich gleich bleibt, so kann dies nur dadurch erklärt werden, daß die Störungen mit der gleichen Regelmäßigkeit eintreten, wie die Bedingungen der normalen Bewegung, oder daß mit anderen Worten das Spiel des gesamten Mechanismus des Sonnensystems ein regelmäßiges ist, in welchem die sogen. Störungen thatsächlich einen zum regelmäßigen Gange des Getriebes notwendig gehörenden Faktor bilden.

Wie bereits (S. 139) gesagt worden ist, hängt die Stärke der Anziehung, die ein Körper ausübt, einerseits von seiner Entfernung von dem angezogenen Körper, andererseits auch von seiner Masse ab, die durch die Größe und Dichtigkeit des betreffenden Körpers bestimmt wird. Die Entfernung der Planeten von der Sonne und Erde ist durch Rechnung festgestellt, die Größe derselben mit den gegenwärtig so sehr vervollkommneten astronomischen Instrumenten meßbar, beziehungsweise auf Grundlage der Entfernung berechenbar; die Dichtigkeit muß dagegen durch Rechnung gefunden werden. Sobald man in der Größe und Entfernung des betreffenden Planeten zwei von den Faktoren ermittelt hat, die die Anziehungskraft desselben bestimmen, und sobald die Dichtigkeit der Erde selbst bekannt ist, läßt sich auch die Dichtigkeit des betreffenden Planeten bestimmen. Man setzt

zunächst seine Dichtigkeit derjenigen der Erde gleich und berechnet danach, wie groß bei solcher Dichtigkeit die Anziehungskraft sein müßte, die er auf die Erde ausübt. Bleibt nun seine wirkliche Anziehungskraft hinter der auf solche Weise rechnungsmäßig gefundenen zurück, so muß seine Masse weniger dicht als diejenige der Erde sein, und das thatsächliche Dichtigkeitsverhältnis des betreffenden Himmelskörpers ist dann leicht durch Rechnung zu finden.

Nun ist zwar die Dichtigkeit der Erde noch nicht genau, aber doch annähernungsweise bestimmt. Die verschiedenen Untersuchungen derselben haben Ziffern ergeben, die zwischen 5,48 und 6,6*) schwanken; als Durchschnittszahl kann angenommen werden, daß die Dichtigkeit der Gesamtmasse unseres Planeten diejenige des destillierten Wassers um das $5^1/_2$fache übertrifft. Man hat verschiedene Wege eingeschlagen, um die Dichtigkeit der Erde zu bestimmen. Im Wesentlichen hat man sich zu den betreffenden Untersuchungen des Pendels bedient. Wird ein solches in der Nähe einer großen Bergmasse aufgehängt, so wird es durch diese von der senkrechten, dem Mittelpunkte der Erde zugewendeten Richtung abgelenkt, und es ergiebt sich aus dem Maße dieser Ablenkung das Verhältnis zwischen der Anziehungskraft der Bergmasse und derjenigen der gesamten Masse der Erde. Diese letztere ist ihrem Volumen nach bekannt; die Bergmasse muß aber nach ihrer Gestalt und ihren Ausmaßen bestimmt und ebenso auf ihre Dichtigkeit untersucht werden, was mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, weil man bei ihrer unregelmäßigen Gestalt das Volumen derselben nur annähernd berechnen bezw. abschätzen kann und weil die Dichtigkeit der inneren Gesteinsschichten von derjenigen der äußeren mehr oder weniger erheblich abweichen kann. Auch die Entfernung des Pendels vom Schwerpunkte des Berges einerseits und vom Mittelpunkte der Erde andererseits muß bestimmt werden, um zu einem ziffermäßigen Ergebnis dieser Untersuchung zu gelangen. Eine andere Untersuchungsmethode ist die, daß man an den Endpunkten eines sehr dünnen Holzstabes zwei Bleikugeln von gleicher Masse befestigt und den Stab in seinem Schwerpunkte zwischen zwei möglichst großen, gleichen Massen aufhängt. Durch seitlichen Anstoß wird der Stab in Bewegung gesetzt und schwingt nun eine Zeitlang wie ein horizontales Pendel hin und her. Vergleicht man die Dauer einer solchen Schwingung mit derjenigen, welche die Erde vermöge ihrer Anziehungskraft an einem senkrecht aufgehängten Pendel bewirkt, nachdem dieses aus dem Zustande der Ruhe gebracht worden ist, so ergiebt sich das Verhältnis der beiderseits einwirkenden Anziehungskräfte und, da alle übrigen bei diesem Untersuchungsverfahren in Betracht kommenden Größen (Pendellänge, Schwingungsdauer, Größe und Dichtigkeit der Bleikugeln und der auf das Horizontalpendel durch ihre Anziehungskraft einwirkenden, seitlich angebrachten Massen) bekannt sind, auch die Dichtigkeit des Erdkörpers. Ein drittes Verfahren ist folgendes: Man läßt ein Pendel zuerst auf der Erdoberfläche und dann auf dem Grunde eines tiefen Bergwerkes schwingen. Im letzteren Falle wird die Schwingung langsamer sein, weil das Pendel nicht mehr von der ganzen Masse der Erde nach unten gezogen wird, vielmehr derjenige Teil der Masse der Erdkugelschale, der jetzt über dem Pendel liegt, keine Wirkung mehr auf dasselbe ausübt. Die Dichtigkeit der hierdurch hinsichtlich der Anziehungskraft in Wegfall kommenden Masse ist bekannt, ebenso ihr Volumen; aus der Verlangsamung der Pendelschwingung, zusammengehalten mit dem Ergebnis der auf der Erdoberfläche vorgenommenen Pendelschwingung, läßt sich danach die Masse der ganzen Erde berechnen. Man hat auf Grund der vorstehend beschriebenen Untersuchungen die Masse der Erde auf $12^1/_3$ Quadrillionen Pfund und ihre Dichtigkeit auf 5,5 berechnet. Mit Hilfe des auf solche Weise gefundenen, zur Berechnung der Dichtigkeit der übrigen Himmelskörper des Sonnensystems erforderlichen Faktors sind die Dichtigkeitsverhältnisse derselben festgestellt worden wie folgt:

---

*) Diese Ziffern beziehen sich auf die = 1 gesetzte Dichtigkeit des Wassers, d. h. die Dichtigkeit der Gesamtmasse der Erde beträgt nach den betreffenden Untersuchungen das 5,48 bis 6,6fache derjenigen des Wassers.

Wird das Volumen, die Masse und die Dichtigkeit der Erde = 1 gesetzt, so ergiebt sich für

	ein Volumen von	eine Masse von	eine Dichtigkeit von	Setzt man die Dichtigkeit des Wassers = 1, so ergiebt sich eine Dichtigkeit von
Sonne	1 280 000	324 000	0,25	1,39
Merkur	0,0526	0,0435	0,83	4,61
Venus	0,9	0,8	0,90	5,00
Erde	1	1	1	5,56
Mond	0,0203	0,0123	0,604	3,36
Mars	0,143	0,1	0,70	3,89
Jupiter	1270	310	0,24	1,33
Saturn	720	93	0,13	0,72
Uranus	60	14	0,23	1,28
Neptun	80	17	0,21	1,17

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß die Sonne nur $\frac{1}{4}$ der Dichtigkeit der Erde besitzt und daß diese letztere überhaupt von allen Planeten unseres Sonnensystems der dichteste ist. Die inneren Planeten übertreffen alle äußeren an Dichtigkeit. Der Mars kommt jenen noch am nächsten, und seine Dichtigkeit übertrifft diejenige des Mondes. Die übrigen äußeren Planeten (die Planetoiden kommen hier nicht mit in Betracht) erreichen nicht mehr die Dichtigkeit der Sonne, und diejenige des Saturn beträgt nicht viel mehr als die Hälfte der der übrigen äußeren Planeten. Vergleicht man die Dichtigkeit der Sonne und der Planeten mit irdischen Stoffen, so ergiebt sich für erstere Steinkohlen- oder Ziegelstein-, für Jupiter, Uranus und Neptun ungefähr Ebenholz-, für Saturn Petroleum-Dichtigkeit. Der Mars und unser Mond haben ungefähr die Dichtigkeit des Glases, Venus und Merkur kommen der Erde am nächsten.

Infolge der verschiedenen Größe und Dichtigkeit der Masse der Himmelskörper ist auch die Wirkung ihrer Anziehungskraft auf die darauf befindlichen Körper eine verschiedene. So wird beispielsweise ein Körper, der bei uns 1 kg wiegt, auf der Oberfläche des Mondes viel leichter sein und nur mehr den sechsten Teil eines Kilogramms wiegen, während er im Gegenteil auf der Sonne 28 kg wiegen würde. Aehnlich verhält es sich mit der Fallgeschwindigkeit. Auf der Oberfläche der Erde fällt der Stein in der ersten Sekunde durch 4,9 m. Die Masse des Mondes aber beträgt nur den 80. Teil der Erdmasse, oder die Masse des Mondes ist 0,0125, wenn die Masse der Erde für die Einheit angenommen wird. Der ebenfalls bekannte Halbmesser des Mondes beträgt 1741 km, während der der Erde 6378 km hat, so daß jener gleich 0,2733 ist, wenn der Halbmesser der Erde für die Einheit angenommen wird. Die Kraft der Erde oder der Fall der Körper in der Entfernung von a Erdhalbmessern von dem Mittelpunkte der Erde, ist gleich der Zahl 4,9 dividiert durch das Quadrat von a. Die Kraft des Mondes aber auf dieselben Körper in derselben Entfernung ist gleich dem 80. Teil von 4,9 (= 0,0612) dividiert durch a. Diese Kraft des Mondes ist also für Körper, die nur $\frac{1}{10}$ Erdhalbmesser von dem Mittelpunkt des Mondes entfernt sind, gleich 6,12 m, für die Entfernung von 0,2733 Erdhalbmesser, d. h. für die Körper auf der Oberfläche des Mondes wird gleich 0,82 m sein, oder mit anderen Worten: Auf der Oberfläche des Mondes fallen die Körper in der ersten Sekunde durch 0,82 m, also nur durch den sechsten Teil des Weges, durch welchen sie auf der Oberfläche der Erde fallen. In gleicher Weise läßt sich auch der Fall der Körper auf der Oberfläche jedes anderen Planeten unseres Sonnensystems finden.

Aus dem Vorhergesagten war bereits zu entnehmen, daß Schwerkraft und Schwungkraft (Attraktions- und Tangentialkraft) sich gegenseitig beeinflussen und unter Umständen sogar aufheben können. Wir sahen den im Vergleich angeführten Ball infolge der ver-

stärkten Schwungkraft von der ihn fesselnden Schnur sich losreißen und der Schwungkraft folgen und veranschaulichten uns dadurch den Vorgang, der eintreten würde, wenn ein von der Anziehungskraft seines Centralkörpers gefesselter Planet infolge des Ueberhandnehmens der ihm bereits verliehenen oder durch das Anprallen eines anderen Himmelskörpers oder sonst eine Kraft auf ihn neu übertragenen Tangentialkraft dem Bereiche jener Anziehungskraft entrissen würde. Desgleichen sahen wir die Schwungkraft durch das Ueberhandnehmen der Schwerkraft abgeschwächt und schließlich ganz aufgehoben, wie es der Versuch mit dem an einer um den Finger sich wickelnden Schnur befestigten Balle veranschaulichen sollte. Auch die Rückwirkung, welche störende Einflüsse auf die Anziehungskraft mit Bezug auf die Pendelschwingungen auszuüben vermögen, haben wir bereits kennen gelernt. Wenn die Erde ein vollkommen kugelförmiger Körper ohne alle Ungleichförmigkeiten ihrer Oberfläche wäre, so würde auf allen Punkten dieser letzteren die Wirkung der Anziehungskraft auf die auf ihr befindlichen Körper die gleiche sein; das Pendel würde im Ruhezustande stets die senkrechte Richtung nach dem Erdmittelpunkte beibehalten und seine Schwingungen würden bei gleicher Pendellänge überall die gleiche Dauer haben. Da aber die Erde ein Rotations-Sphäroid, ihr Durchmesser am Aequator somit größer als der mit ihrer Achse zusammenfallende ist, so muß ihre Anziehungskraft an den Polen stärker als am Aequator sein. Die Folge davon ist, daß das Pendel bei gleicher Schwingungszahl länger sein muß, wenn es am Aequator, als wenn es in einer näher den Polen gelegenen Gegend schwingt, oder umgekehrt, ein gleich langes Pendel macht unter dem Aequator Schwingungen von geringerer Dauer als in Gegenden, die den Polen näher liegen. Das Sekundenpendel, d. h. ein solches, dessen Schwingungen genau die Dauer einer Sekunde haben, muß unter dem Aequator 0,99 098 m lang gemacht werden, wogegen es auf Jamaika (17⁰ 56′ nördl. Br.) bloß 0,99 147, in New-York (40⁰ 43′ nördl. Br.) 0,99 317, in Paris (48⁰ 50′ nördl. Br.) 0,89 386, in Berlin (52⁰ 30′ nördl. Br.) 0,99 426 und auf Spitzbergen (79⁰ 50′ nördl. Br.) 0,99 605 m Länge haben muß. Die Schwungkraft des Pendels wird übrigens auch infolge der Achsendrehung der Erde da, wo diese den einzelnen Punkt an der Oberfläche rascher mit sich fortzieht, wo also dieser weiter vom Erdmittelpunkte entfernt ist, geringer, weil hier die höhere Schwungkraft abschwächend auf die Schwerkraft wirkt. Aber auch wenn man die Einwirkung der Schwungkraft in Abrechnung bringt, bleibt die Schwerkraft an den vom Aequator entfernter liegenden Punkten größer als am Aequator selbst. Man hat durch Rechnung gefunden, daß die Anziehungskraft der Erde an den Polen, wo ihr keine Schwungkraft entgegenwirkt (weil die Polpunkte an der Rotationsbewegung keinen Teil haben) um 1 : 576 größer ist als am Aequator, woraus sich ergiebt, daß der Erdhalbmesser, der den Pol mit dem Mittelpunkte verbindet, um 1 : 299 kleiner ist als der von einem Punkte des Aequators nach dem Erdmittelpunkte gezogene Punkt. Die Gradmessungen haben eine Abplattung von 1 : 289 ergeben; man sieht hieraus, daß das Ergebnis zweier auf ganz verschiedene Grundlagen gestützter Rechnungsmethoden sich ziemlich genau deckt, woraus der Schluß auf die Richtigkeit beider Methoden gezogen werden darf. Wenn sich die Erde siebzehn Mal so schnell um ihre Achse drehen würde als dies wirklich der Fall ist, so würde am Aequator die Schwerkraft von der Schwungkraft völlig aufgehoben werden, und bei noch größerer Rotationskraft würde die Schwungkraft überwiegen, in welchem Falle dann die auf der Erdoberfläche lose liegenden Körper in den Weltraum hinausfliegen würden. Eine Kugel, die am Aequator in horizontaler Richtung mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 8000 m abgeschossen würde, erhielte einen tangentialen Anstoß von solcher Kraft, daß — wenn neben dieser nur noch die Schwerkraft und nicht auch der Widerstand der Luft in Betracht käme — dieses Geschoß nicht wieder auf die Erde zurückfallen, sondern dieselbe in etwa $1^1/_2$ Stunden als neuer Trabant umkreisen würde. Man könnte die Frage aufwerfen, welche Kräfte auf die Lufthülle unseres Erdballes einwirken mögen, um trotz der bedeutend gesteigerten Schwungkraft in ihren höchsten Regionen und trotz des Umstandes, daß ihr wie allen luftförmigen, d. h. ausdehnsam-flüssigen Körpern die Neigung zum Auseinander-

stieben innewohnt, ihre Lostrennung von der Erde zu verhindern. Man hat aus dem Verlauf der Morgen- und Abenddämmerung und aus der Höhe, in der das Aufflammen von Sternschnuppen*) beobachtet ist, berechnet, daß noch in Höhen von mehr als 300 km atmosphärische Luft vorhanden sein müsse. Da schon in 75 km Höhe die Dichtigkeit der Luft nur noch etwa $^{1}/_{10000}$ derjenigen auf dem Meeresspiegel beträgt, so kann man sich von dem Dichtigkeitsgrade der Luft in jenen Höhen, die diejenigen der höchsten Berge unserer Erde um das 30—40fache übersteigt, gar keinen Begriff machen. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß infolge der Einwirkung der Kälte, die in den oberen Regionen unabhängig von den Jahreszeiten herrscht, eine Zusammenziehung — also Verdichtung — der höchsten Luftschichten bewirkt wird, die deren Entfernung von der Erde über ein gewisses Maß hinaus verhindert. Man hat gefunden, daß erst in einer Höhe von fünf Erdhalbmessern die Einwirkung der Schwerkraft auf die Atmosphäre aufgehoben werden und die darüber hinausgehenden Luftschichten durch die Schwungkraft in den Weltraum hinausgeschleudert würden.

Zum Schlusse wollen wir noch einige der wichtigsten Verhältnisse im Sonnensystem anführen. Jeder Planet ändert, da seine Bahn eine elliptische ist, seine Entfernung von der Sonne und erreicht an einem Punkte seine Sonnennähe, an einem anderen seine Sonnenferne. Das Mittel zwischen diesen beiden ist seine mittlere Entfernung. Die mittleren Entfernungen der großen Planeten von der Sonne und ihre Umlaufszeiten (Revolutionszeiten) sowie die Zeit ihrer Rotation um die eigene Achse geht aus nachfolgender Zusammenstellung hervor:

	Durchmesser in 1000 Meilen	Rotation	Revolution	Mittlere Entfernung von der Sonne in Millionen Meilen
Sonne	193	25 Tg. 12 St.	—	—
Merkur	0,671	24 St. 5 Min. (?)	88 Tg.	7,8
Venus	1,71	23 St. 21 Min. (?)	225 Tg.	14,6
Erde	1,713 } 1,719 }	23 St. 56 Min.	365 Tg.	20,0
Mars	0,982	24 St. 37 Min.	1 J. 322 Tg.	30,6
Jupiter	18,5 } 20,0 }	9 St. 55 Min.	11 J. 315 Tg.	104,7
Saturn	14,7 } 16,3 }	10 St. 29 Min.	29 J. 167 Tg.	192,0
Uranus	7,5	?	84 J. 7 Tg.	386,0
Neptun	9,07	?	164 J. 280 Tg.	604,7

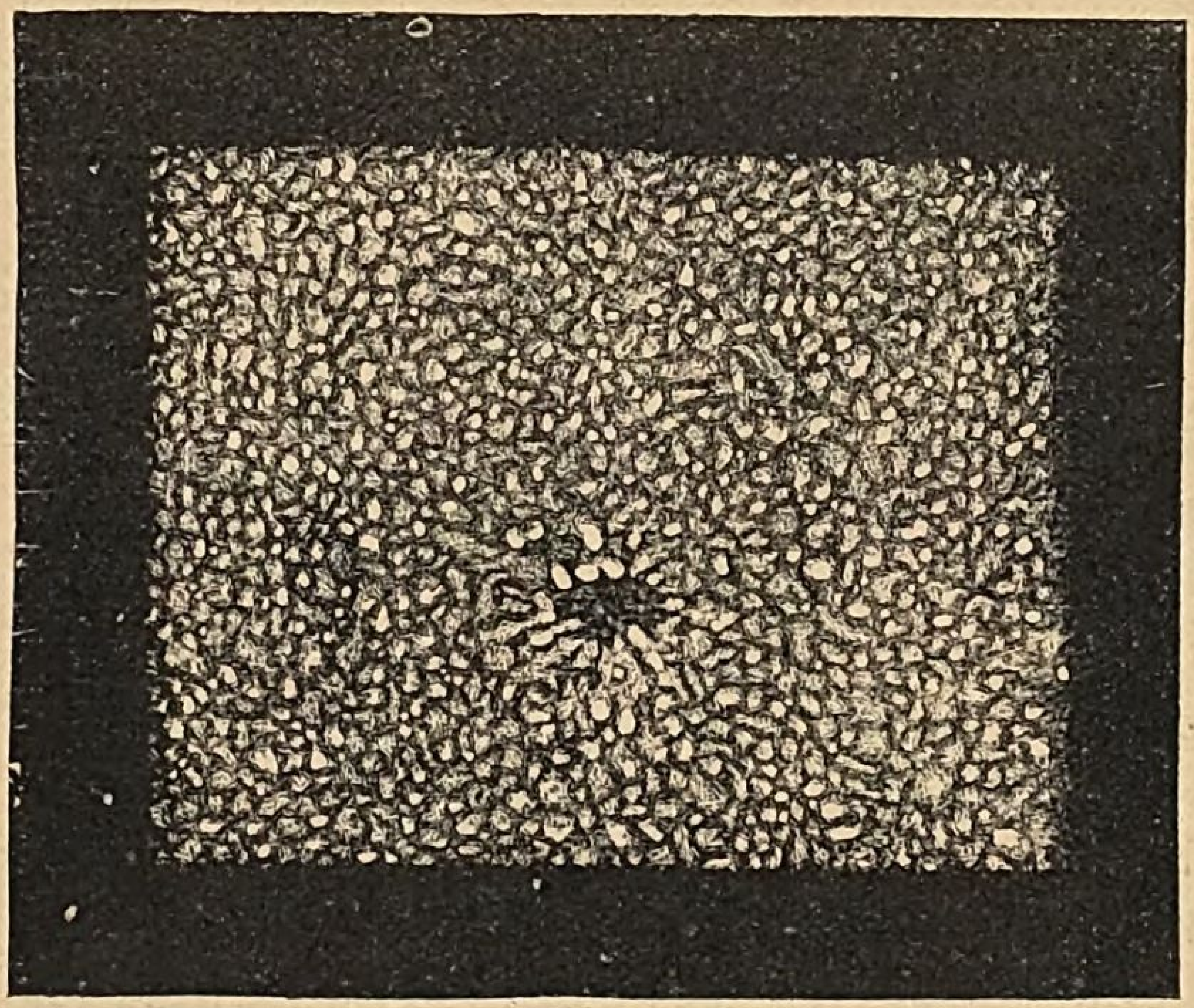
Zwischen Mars und Jupiter ist die Gruppe der Planetoiden oder Asteroiden eingeschaltet, deren mittlere Entfernungen von der Sonne zwischen 40—80 Millionen Meilen und deren Umlaufszeiten um die Sonne zwischen 3 und 8 Jahren beträgt. Der Gürtel, innerhalb dessen sie sich bewegen, nimmt eine Breite von etwa 60 Millionen Meilen ein. Wir werden auf diese Himmelskörper in einem der folgenden Kapitel des näheren zurückkommen, und gehen zunächst auf die besondere Betrachtung der Sonne als des Centralkörpers unseres Planetensystems ein.

*) Soweit die Beobachtungen reichen, sind Sternschnuppen nichts Anderes als Meteoriten, also ursprünglich dunkle Körper, die sich in dem von unserem Sonnensysteme eingenommenen Raume zerstreut vorfinden und infolge der allgemeinen Anziehung in Kegelschnittslinien um die Sonne sich bewegen. Gerät ein solcher Körper in den Bereich der Anziehungskraft der Erde, so stürzt er, falls diese seine Schwungkraft übersteigt, auf dieselbe nieder, wird bei der rapid wachsenden Schnelligkeit des Falles durch die Reibung an der Atmosphäre glühend und bietet dadurch die Erscheinung einer Sternschnuppe. Wo diese aufleuchtet, muß sich daher atmosphärische Luft befinden, weil ohne Reibung an dieser kein Glühendwerden denkbar wäre.

Zweites Kapitel.

Die Sonne.

Die Sonne war von jeher ein Gegenstand hoher Bewunderung und Verehrung für alle Naturvölker, und auch im Kultus der hochkultivierten Völker des Altertums hat sie eine hervorragende, ja vielfach sogar die Hauptrolle gespielt. Dies ist auch ganz natürlich, denn der Sonne verdanken wir das Licht, dieses eigentliche Lebenselement der irdischen Natur. Ob der Anblick der strahlenden Feuerkugel, die sich des Morgens erhebt, um unser Tagwerk zu beleuchten, und die sich zur Ruhe begiebt, wenn sie diese Aufgabe erfüllt hat und wieder niedertaucht in die Fluten des Meeres oder die Nebelschleier der Nacht — zu allen Zeiten mußte in ihr der Mensch die belebende Macht der Natur und zugleich die Schutzmacht erblicken, unter deren segensreichem Wirken sich alles vollzieht, was die Summe seines Lebens ausmacht. Wir verdanken die Lebensluft, die wir atmen, dem Wirken der Sonne, deren Licht und Wärme die Pflanzenwelt groß zieht und den Sauerstoff hervorbringt, ohne den kein organisches Leben denkbar wäre. Unter dem Einflusse der Sonnenwärme verwandelt das Wasser sich in Dunst und Dampf und steigt in die Lüfte empor, um diese zu sättigen und zur Befruchtung der Pflanzen tauglich zu machen. Und in den höheren Luftschichten verdichten sich die Wasserdünste zu Wolken und schweben weit über das Land hin, um dann als Niederschlag trockene Gebiete zu bewässern und im Hochgebirge die Quellen zu speisen, die dann, zu Bächen, Flüssen und Strömen anwachsend, wieder weite Gebiete mit ihren belebenden und befruchtenden Wasseradern durchziehen. Die Sonnenwärme erweckt den Wind und bringt dadurch jene Luftströmungen hervor, die die Atmosphäre in fortwährender Bewegung erhalten, die gleichmäßige Vermischung ihrer Bestandteile vermitteln und die Anhäufung schädlicher Dünste verhindern oder wenigstens durch Verteilung derselben und zeitweise Auffrischung der Luft in Gegenden, wo solche heimisch sind, ihre schädliche Einwirkung abschwächen. Indem die Sonnenwärme die Wassermassen aus der Tiefe zu den hohen Bergen und Luftschichten emporzieht und die Wellen des Luftmeeres in mächtigen Strömen über Land und Meer dahin treibt, setzt sie sich in Kraft um, und diese Kraft nützen wir wieder aus, um uns von ihr unsere Mühlen treiben, unsere Schiffe über die Oceane schleppen zu lassen. Den ungeheueren Ueberschuß einer üppigen Pflanzenwelt, die vor Jahrmillionen durch die Sonnenwärme geschaffen worden war und über den ganzen Erdball sich verbreitet hatte, holen wir heute aus dem Schoße der Erde hervor, in dem er, zu Kohle verwandelt, eingebettet liegt, und wandeln die Sonnenwärme, die Schöpferin jener mächtigen vorweltlichen Urwälder, wieder in Kraft um, indem wir mit diesen Kohlenvorräten der Urzeit unsere Dampfkessel heizen und unsere Maschinen treiben. Aus der Sonne ist endlich unser eigener Planet hervorgegangen, so daß wir in der That sagen können, daß wir alles, was mit uns und für uns vorhanden



Die Oberfläche der Sonne
durch ein gutes Fernrohr betrachtet.

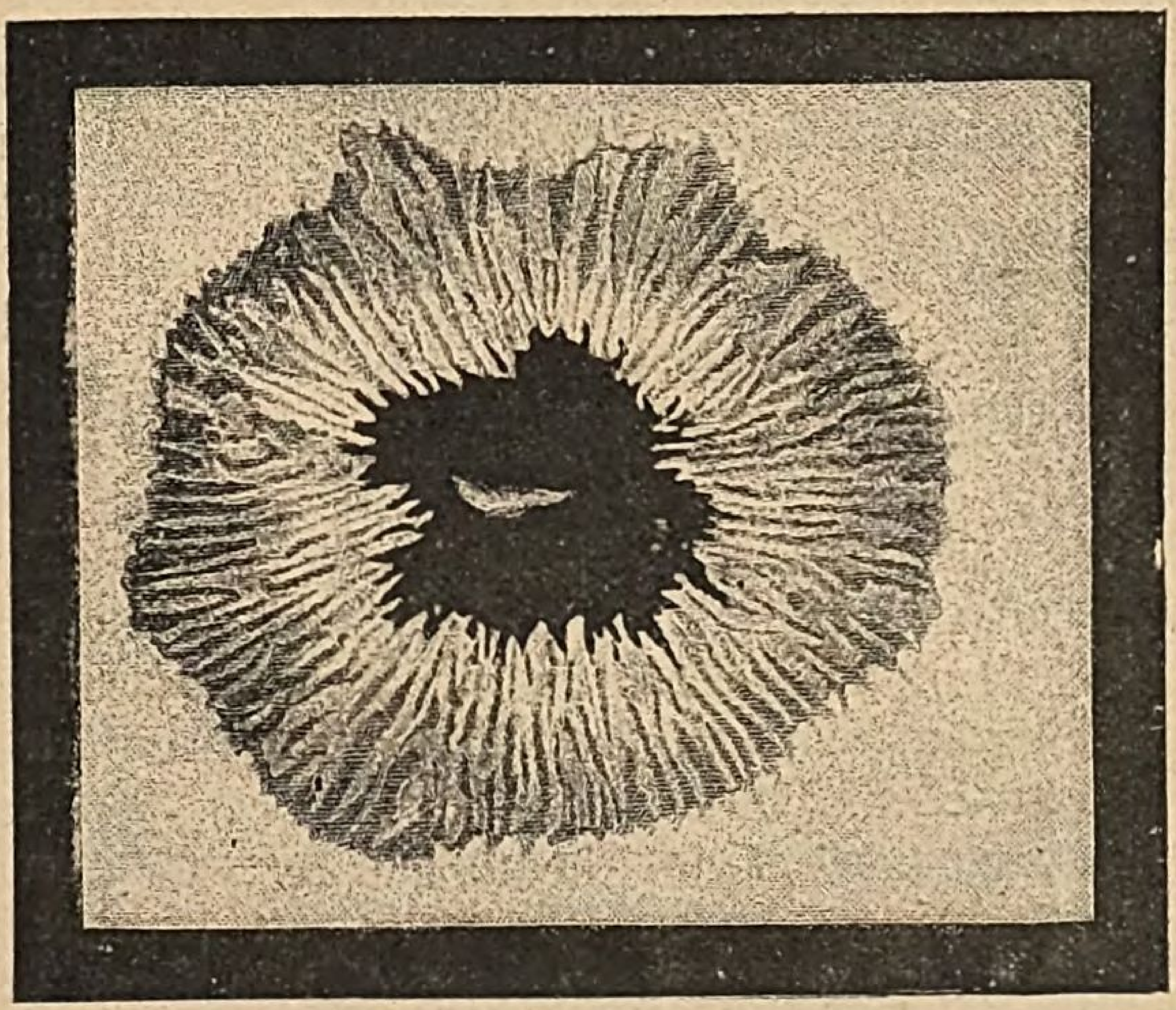
ist, lebt und webt, der Sonne zu verdanken haben. Wenn sich der Begriff der Gottheit mit all seiner Macht und Unerschöpflichkeit in irgend etwas vereinigen läßt, so ist das gewiß die Sonne, und es kann daher nicht in Staunen setzen, daß sie in der Götterlehre, im Kultus aller Völker und Zeiten eine so große Rolle spielt. — Vom wissenschaftlichen Standpunkte aus betrachtet, war die Sonne wohl auch schon für die Alten von hohem Interesse, doch hat es diesen noch an den Erkenntnismitteln gefehlt, die ihnen ihre wahre Bedeutung zum Bewußtsein hätte bringen können. Wir haben gesehen, daß in der Astronomie der Alten der Sonne eigentlich nur eine Nebenrolle zugeteilt war, daß sie sozusagen in den Dienst der Erde gestellt wurde und sich mit der Rolle eines Trabanten dieses winzigen Weltkörpers begnügen mußte. Die Natur der Sonne erkannten die Sternkundigen jener vergangenen Zeiten allerdings so ziemlich richtig, indem sie sie für eine gewaltige Feuerkugel ansahen; damit war aber auch ihr ganzes Wissen erschöpft und so blieb es während des ganzen Mittelalters, bis endlich durch die Erfindung des Fernrohres die Möglichkeit geboten war, tiefer in dieses so offen daliegende und doch so unergründlich scheinende Naturrätsel einzudringen.

Wenn wir die Sonne mit unbewaffnetem Auge betrachten, soweit dies überhaupt einem Körper gegenüber möglich ist, dessen blendendes Licht dasjenige des elektrischen Bogenlichtes um das hundert- oder zweihundertfache, dasjenige des Vollmondes nach Zöllners genauesten Messungen um das 619 000fache übertrifft, so erblicken wir sie nicht als einen völlig gleichförmig leuchtenden Gegenstand, und dieser Eindruck bleibt derselbe, wenn wir uns zur Beobachtung eines lichtdämpfenden Mediums wie z. B. eines rauchgeschwärzten oder dunkelfarbigen Glases bedienen. Im Fernrohr aber werden Gruppen von dunklen Flecken sichtbar, und wenn man die helle Oberfläche des Sonnenkörpers durch ein vorzügliches Instrument und bei besonders reiner Luft betrachtet, so erscheint dieselbe „granuliert“ d. h. mit hellen Körnchen über und über bedeckt, zwischen denen sich an gewissen Stellen größere dunkle Flecke zeigen, wie dies unsere Abbildung auf Seite 149 erkennen läßt. In einzelnen Gegenden des Sonnenkörpers erscheinen die Körner schärfer begrenzt, in anderen sehen sie zart und verwachsen aus; zuweilen verschwinden die körnerartigen Gebilde gänzlich und es treten streifen- oder stromartige an ihre Stelle. Das Ganze macht, wie Meyer in seiner „Lebensgeschichte der Gestirne“ bemerkt, den Eindruck eines mit dichten Schäfchenwolken behangenen Himmels, der sich in fortwährender Bewegung befindet, so daß die Wolkenköpfe schnell Lage und Gestalt verändern. Da wo die Masse den eben erwähnten streifenartigen Charakter annimmt, dürfte dieselbe wohl zweifellos von heftigen Strömungen bewegt sein.

Die leuchtende Oberfläche der Sonne wird Photosphäre (d. h. Lichtkugelhülle) genannt. Nach der älteren Anschauung, die namentlich von Wilhelm Herschel vertreten worden ist, und die zuerst Dr. Wilson in Glasgow 1773 aufgestellt hat, ist diese Photosphäre die glänzende Hülle eines festen, dunklen und verhältnismäßig kalten Sonnenkörpers, durch deren zeitweiliges Zerreißen Teile des dunklen Sonnenkörpers als Flecke sichtbar werden. Diese Anschauungsweise war hauptsächlich darauf begründet, daß auf dem Grunde dieser Sonnenflecke ein schwarzer, unregelmäßig geformter Kern, die sogen. Umbra („Schatten“), sichtbar wird. Da aber dieser dunkle Grund von einem helleren Hofe, der sogen. Penumbra („Halbschatten“), umgeben ist, so glaubte Herschel, in diesem den Querschnitt einer zweiten inneren Sonnenatmosphäre erblicken zu wollen, von welcher er annahm, daß sie die Hitze der äußeren (Photosphäre) vom Sonnenkörper abhalte. Der Herschel'schen Hypothese schlossen sich die meisten Astronomen jener Zeit, unter ihnen sogar der ausgezeichnete französische Physiker Dominik Franz Arago (1786—1853) an, obgleich dieselbe der Sonnenmaterie Eigenschaften zuschreibt, die im Widerspruche zu den auf der Erde beobachteten Naturgesetzen stehen. Mit Recht wurde von neueren Forschern eingewandt, daß, wenn es auch denkbar sei, daß jene innere Atmosphäre das Licht der äußeren vollkommen zurückwerfe, doch nun und nimmer angenommen werden könne, daß sie auch undurchdringlich für die ungeheuere Wärme sei, die jene den Sonnenkörper einschließende

Lichthülle thatsächlich ausstrahlt, und Kirchhoff erklärt in seinen Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spektren der Metalle (1866) rundweg: „Diese Hypothese scheint mir in solchem Grade sicheren physikalischen Erkenntnissen zu widersprechen, daß sie selbst dann verworfen werden müßte, wenn man nicht im stande gewesen wäre, die Erscheinungen der Sonnenflecke auf andere Weise auch nur einigermaßen begreiflich zu machen.“

Der zuletzt genannte Gelehrte war es denn auch, der durch die Spektralanalyse Licht in diese Frage brachte, indem er nachwies, daß das Sonnenlicht durch das Glühen in Dämpfe aufgelöster Stoffe verursacht werde, die auf der Erde in festem Aggregatzustande vorhanden sind. Wie bereits (S. 73) erwähnt, hat Kirchhoff durch seine Versuche dargethan, daß ein Gas aus dem weißen Lichte dieselbe Farbe fortnimmt, in welcher es selbst leuchtet, wenn es in den Zustand der Glut versetzt wird. Die Schlußfolgerung, die Kirchhoff aus dieser Thatsache zog, gipfelt in der von ihm aufgestellten Hypothese, daß die Sonne aus einem festen oder flüssigen weißglühenden Kern besteht, der von einer verhältnismäßig dunklen Atmosphäre umgeben wird, in welcher Kalium, Natrium, Eisen, Magnesium und andere Stoffe in Dampfform enthalten sind. Es ist also nach Kirchhoff der (weißglühende) Kern und nicht die Lufthülle der Sonne, die uns Licht spendet, und das Spektrum dieses Lichtes entspricht, da es kontinuierlich ist, demjenigen leuchtender fester oder flüssiger Stoffe; die glühenden Gase aber, die diesen Kern umgeben, enthalten dieselben Stoffe in Dampfform, und indem das Sonnenlicht diese Dampfhülle durchdringt, löschen die glühenden Gase aus dem weißen Lichte des Kernes diejenigen Farben aus, die ihnen selbst zukommen, wodurch die Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum entstehen. So finden wir z. B. die 60 hellen Linien des Eisenspektrums an entsprechender Stelle des Sonnenspektrums als dunkle Linien wieder. Der Zweifler könnte etwa einwenden, daß dies ein bloßer Zufall sei; der Mathematiker kann aber diesen Einwurf ziffermäßig bedeutungslos machen, da die Wahrscheinlichkeitsrechnung ergiebt, daß man mehr als eine Trillion gegen Eins wetten kann, daß dieses Zusammenfallen der Linien des Eisenspektrums mit den Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum kein bloßer Zufall sei. Jedenfalls hat also die Richtigkeit der Kirchhoffschen Hypothese eine so ungeheuer große Wahrscheinlichkeit für sich, daß sie selbst dem größten Zweifler einleuchten muß, zumal da auch bezüglich der Linien des Natron und anderer Stoffe die gleiche Uebereinstimmung herrscht.



Ein Sonnenfleck.

Bei der geringen Dichtigkeit der Sonnenmasse (vgl. die Zusammenstellung auf S. 146) im Verhältnis zu derjenigen der Erde darf man annehmen, daß der Sonnenkern sich zur Zeit noch in einem Aggregatzustande befindet, der eine Uebergangsstufe vom luftförmigen zum tropfbar-flüssigen bildet. Als eigentliche Atmosphäre der Sonne nimmt man eine einige Kilometer mächtige Schicht an, die in ihren obersten Teilen vornehmlich aus glühendem Wasserstoffgas, in den untersten aus gleichfalls glühenden Metalldämpfen besteht. Diese Atmosphäre wird nur bei totalen Sonnenfinsternissen*) als ein

*) Eine Sonnenfinsternis entsteht, wenn der Mond zwischen Erde und Sonne tritt und die letztere ganz oder teilweise bedeckt. Erreicht die Spitze des Kernschattens, den der Mond hierbei

schmaler, unregelmäßig begrenzter Saum um den Sonnenrand sichtbar, und man nennt sie dieser Färbung wegen Chromosphäre (farbige Kugelhülle).

Die schon oben erwähnten Sonnenflecken sind nicht über die ganze Sonnenoberfläche verbreitet, sondern finden sich fast ausschließlich innerhalb eines um den Sonnenäquator gelegten Gürtels von etwa 30 Grad Breite. Sie haben eine gemeinschaftliche Bewegung von Osten gegen Westen, die unmittelbar mit der Rotation der Sonne um ihre Achse zusammenhängt, und infolge deren ein am Ostrande der Sonne erscheinender Sonnenfleck binnen ungefähr 13 Tagen den Westrand derselben erreicht und dann verschwindet. Wenn der Grund dieser Sonnenflecke schwarz erscheint, so beruht dies nur auf der gegensätzlichen Lichtwirkung, die zwischen dieser dunkleren Stelle und der sie umgebenden Lichtflut besteht. Nach photometrischen Messungen, die Zöllner an den Sonnenflecken vorgenommen hat, haben selbst die dunkelsten Stellen noch die Leuchtkraft des Vollmondes (nach Langley übertreffen sie sogar diesen um das 500 fache seiner Leuchtkraft!); aber was ist das gegen diejenige des Sonnenlichtes, die, wie wir bereits gehört haben, diejenige des Vollmondes 619 000 mal übertrifft! — Manchmal löst sich ein solcher Sonnenfleck in mehrere auf, wie überhaupt die Gestalt dieser Flecke häufig sehr veränderlich ist und eine äußerst unregelmäßige Form bei verschiedenster Größe zeigt. Auch die Dauer der Sonnenflecke schwankt zwischen wenigen Tagen und mehreren Monaten. Bevor der Schotte Wilson seine bereits erwähnte Hypothese aufgestellt hatte, war man geneigt, die Sonnenflecke als Schlackenmassen anzusehen, die man sich als auf der Photosphäre schwimmend dachte; diese Vorstellung schwand aber dahin, nachdem man beobachtet hatte, daß sich die Sonnenflecke während ihrer Bewegung um die Sonnenachse verbreiterten und wieder verschmälerten, je nachdem sie sich vom Sonnenrande entfernten oder demselben vor ihrem Verschwinden wieder näherrückten. Man erklärte sich diese Thatsache einfach aus der perspektivischen Ansicht der Flecke in der Nähe des Sonnenrandes im Gegensatze zu der Ansicht von oben, in der sie sich während ihrer Wanderung in der Mitte des Sonnenkörpers darstellen. Da die Umbra bei seitlicher Stellung der Sonnenflecke gänzlich verschwindet, bei centraler Stellung aber in ihrem vollen Umfange sichtbar wird, so glaubte man hieraus mit Recht auf eine trichterförmige Gestalt der Sonnenflecke schließen zu dürfen. Diese Gestalt der Sonnenflecken läßt auf ihre eruptive (mit Ausbrüchen zusammenhängende) Natur schließen, und dieser Schlußfolgerung entspricht auch die Thatsache, daß sich häufig an solchen Stellen, wo früher, d. h. zur Zeit, da sie am Sonnenrande standen, mächtige Gasausbrüche gezeigt hatten, beim Heranrücken derselben gegen die Mitte der Sonnenscheibe Sonnenflecke bemerkt wurden. In der Nähe der Sonnenflecke zeigen sich oft netzartig verzweigte Lichtadern, die die gekörnte Oberfläche durchschneiden; man nennt sie Sonnenfackeln. Wenn man das netzartige Gewirre der Erdrisse betrachtet, die das Erd-



Sonnenprotuberanz.
(Bei a bildet sich durch Losreißen einer größeren Masse der Photosphäre mutmaßlich ein Sonnenfleck.)

auf die Erde wirft, den Erdkörper nicht — welcher Fall dann eintritt, wenn die Erde mehr als 375 000 km vom Monde entfernt ist (weil der Kernschatten eben nur soweit reicht) —, so entsteht eine ringförmige Sonnenfinsternis; der scheinbare Monddurchmesser ist dann höchstens um $3^1/_4$ Bogenminuten kleiner als der der Sonne.

beben von 1783 in der Gegend Jerocarno in Kalabrien verursacht hat (vgl. die betreffende Illustration im dritten Kapitel des VI. Abschnittes dieses Buches), so kann man sich ganz gut vorstellen, daß eine von unten her wirkende eruptive Kraft eine ähnliche Zerreißung der Photosphäre durch die gewaltige Erschütterung, die diese bei der Erhebung der Ausbruchsstelle erleidet, verursachen kann. Es ist daher keineswegs unwahrscheinlich, daß die Sonnenfackeln mit den vorhin erwähnten Ausbrüchen in nahem Zusammenhange stehen.

Diese Ausbrüche geben sich uns in den sogen. Protuberanzen kund, die bis zum Jahre 1869 nur bei totalen Sonnenfinsternissen wahrgenommen werden konnten, bis es endlich Zöllner und Huggins gelang, dieselben jeder Zeit mittels des Spektroskopes bei recht weit geöffnetem Spalte desselben, auch ihrer Form nach, scharf wahrzunehmen. Wir können natürlich diese Protuberanzen nur am Sonnenrande wahrnehmen, weil sie sich von der strahlenden Oberfläche des Sonnenkörpers selbst nicht genügend abheben. Die Gestalt der Protuberanzen ist sehr verschiedenartig. Sie nehmen teils Wolkenform an, teils schießen sie flammenartig empor (vergl. die untenstehende Abbildung) und werden bis zu 100 000 km vom Sonnenrande weggeschleudert, teils gleichen sie Rauchsäulen, oder einem Regen von feurigen Zungen, wie unsere Abbildung auf S. 152 ihn darstellt. Das Spektroskop zeigt, daß ihre Zusammensetzung derjenigen der Chromosphäre ähnlich oder gleich ist, denn sie besteht wie diese aus Wasserstoff und Metalldämpfen. Daß sie auch mit den Sonnenflecken in ursächlichem Zusammenhange stehen, darf nach dem Vorhergesagten mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden.

Die Ansicht, die der römische Astronom Secchi bezüglich der Natur der Sonnenflecke und Protuberanzen hat, soll hier näher angeführt werden, weil sie zugleich einen Begriff von der Beschaffenheit des Sonnenkörpers im allgemeinen giebt.

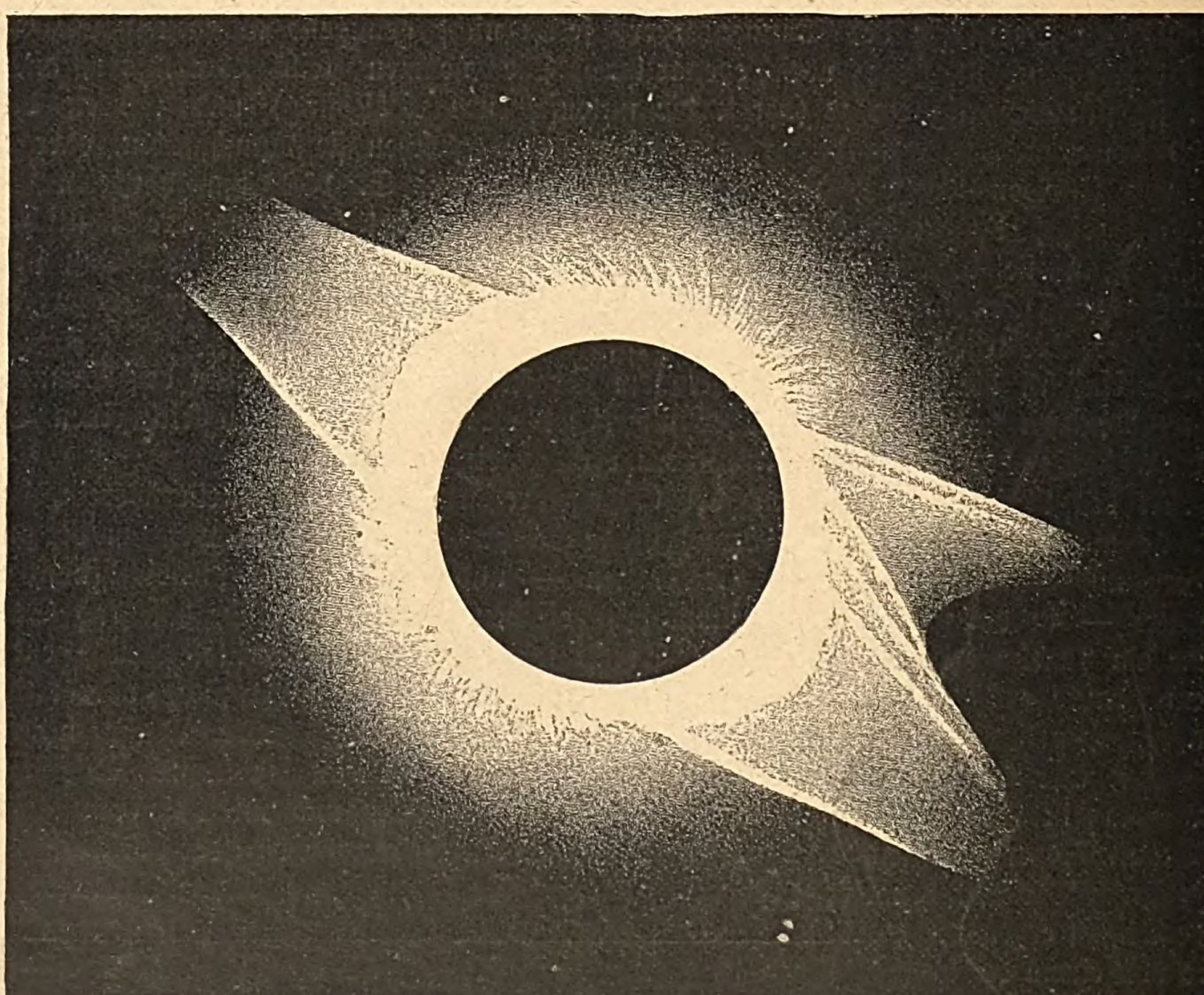
Mit den übrigen Astronomen der Gegenwart stimmt Secchi darin überein, daß er die Sonne als einen Körper von überaus hoher Temperatur ansieht, in welchem die unseren Chemikern und Physikern bekannten Substanzen — und neben diesen vielleicht noch einige unbekannte — in dampfförmigem Zustand sich befinden. Den Umstand, daß das Sonnenspektrum ein kontinuierliches ist, glaubt Secchi seiner Anschauungsweise gemäß entweder aus dem Drucke erklären zu sollen, welchem die Dämpfe ausgesetzt sind, oder auch aus ihrer außerordentlich hohen Temperatur. Diese leuchtende, glühende Masse bildet die Photosphäre, ihre Grenze bestimmt die Temperatur, auf welchen die äußere Schicht durch Ausstrahlung in den kalten Weltraum herabgesetzt wird, und mit dieser zugleich die vom Sonnenkörper ausgeübte Anziehungskraft. Die Granulation der Oberfläche der Photosphäre rührt von den Spitzen der Flammengebilde her, die sich über die untere absorbierende Schicht erheben; sie wird von einem dunkleren Netzwerk durchschnitten, das ebenfalls der unteren Schicht angehört.



Sonnenprotuberanzen.

Die über der Photosphärenschicht liegende eigentliche Sonnenatmosphäre stellt sich Secchi in folgender Weise vor: Auf ihrem Grunde befinden sich die schweren metallischen Dämpfe, deren Temperatur nicht mehr groß genug ist, um die Ausstrahlung von Licht mit kontinuierlichem Spektrum zuzulassen, obgleich sie genügt, direkt Spektren mit glänzenden Linien zu geben, die während totaler Sonnenfinsternisse am Rande des Sonnenkörpers wahrgenommen werden können. Die Dämpfe sind mit einer außerordentlich großen Menge von

Wasserstoffgas gemischt, das sich — eben wegen seiner überwiegenden Menge — beträchtlich über die andere Schicht erhebt und eine Umhüllung bildet, die wir als Chromosphäre bereits kennen gelernt haben. Das Wasserstoffgas ist hier mit jener Substanz gemischt, die unter dem Namen Helium ebenfalls bereits erwähnt worden ist (vergl. S. 114). Dieses Helium steigt nach Secchi zu weit beträchtlicherer Höhe als der Wasserstoff empor, ist aber im Sonnenspektrum nicht so deutlich sichtbar wie dieser. Das Vorhandensein einer noch anderen, noch nicht sicher bestimmten Substanz in der Sonnenatmosphäre hält Secchi für wahrscheinlich. Infolge der Diffusion der Gase mischen sich die Substanzen, welche diese Sonnenumhüllung zusammensetzen, fortwährend, obgleich sie ihrer Dichtigkeit entsprechend angeordnet zu sein scheinen.



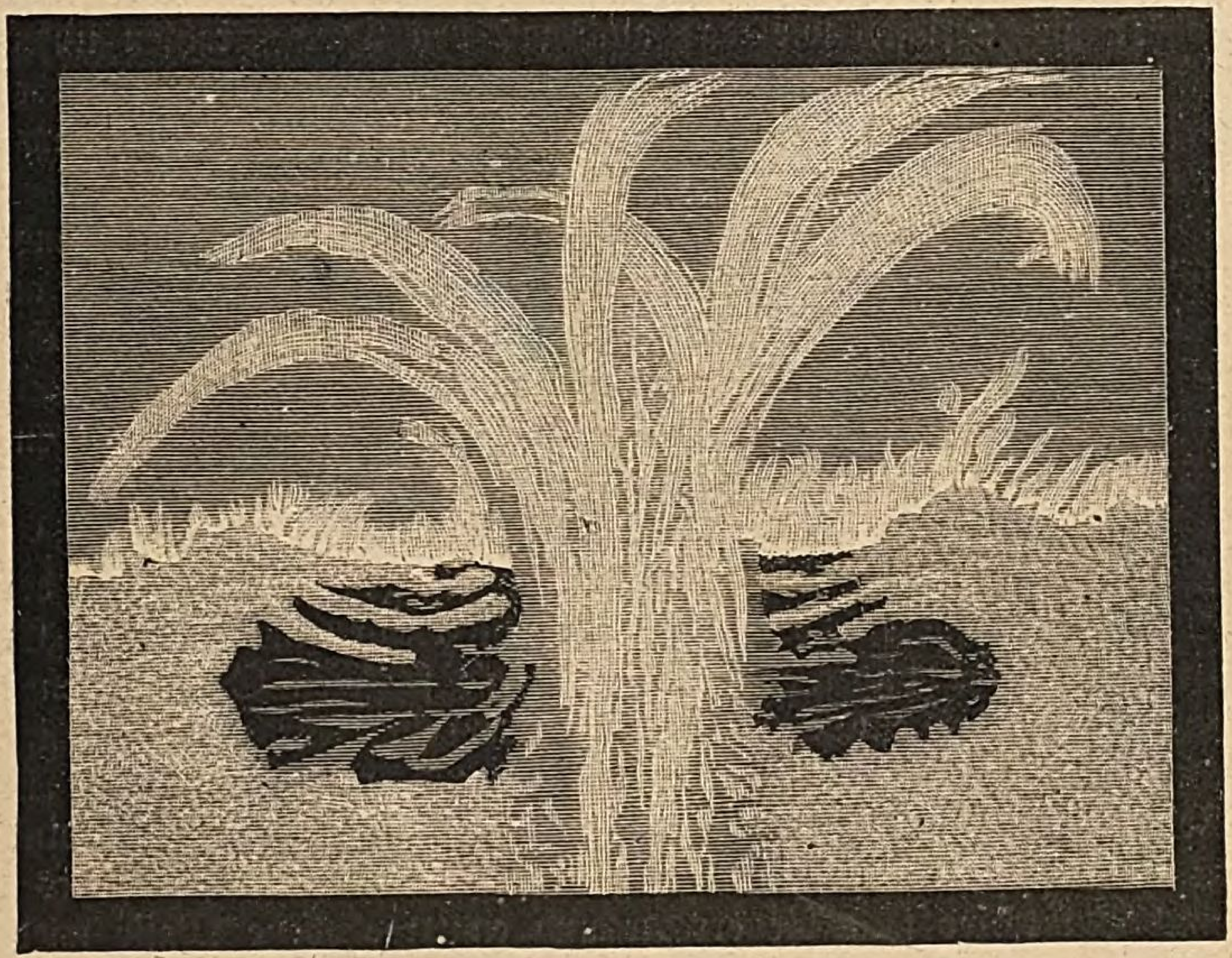
Corona der Sonne.

Bei totalen Sonnenfinsternissen wird diese Sonnenatmosphäre in der Gestalt der sogen. Corona (lat s. v. w. „Krone") sichtbar. Sie erscheint als eine unregelmäßig geformte Strahlenkrone von weißlichem Schimmer, der die Sonne rings umgiebt und zuweilen bis auf 20 Minuten vom Sonnenrande entfernt noch sichtbar ist. Zunächst der Sonne ist sie am hellsten, nach außen nimmt ihr Glanz ab. Die anläßlich der totalen Sonnenfinsternisse der letzten Jahrzehnte aufgenommenen zahlreichen Zeichnungen und Photographien der Corona zeigen sehr verschiedene Bilder, weil sich die Form derselben rasch ändert. Unsere Abbildung zeigt die Corona bei der totalen Sonnenfinsternis vom 29. Juli 1878, die in Nordamerika und Nordostasien beobachtet wurde. Die Meinung Secchis, daß wir in der Corona einen Teil der äußersten Sonnenatmosphäre zu erblicken haben, deren höchste Teile bis zu einer dem Sonnendurchmesser gleichen Höhe reichen mögen, wird von anderen nur teilweise geteilt. Manche halten es sogar für möglich, daß

diese Lichterscheinung mit Meteoren in Zusammenhang stehe, die nahe der Sonne diese umkreisen; auch elektrische Vorgänge glaubt man zu ihrer Erklärung heranziehen zu müssen.

Secchi meint, daß sich die Corona noch weiter erstrecke, als sie bisher den Beobachtern sichtbar geworden ist und hält es für nicht unwahrscheinlich, daß sie mit dem Zodiakallicht in Verbindung stehe. Die sichtbare Schicht dieser Atmosphäre ist in mittleren Sonnenbreiten höher als am Sonnenäquator, und an den Polen am niedrigsten.

Einen Zustand absoluter Ruhe des Sonnenkörpers hält Secchi für ausgeschlossen. Die verschiedenen im Innern des Körpers zusammenkommenden Substanzen streben ihrer chemischen Verwandtschaft gemäß nach Verbindung und bringen so notwendigerweise Erregungen und innere Bewegungen mannigfachster Art und gewaltiger Wirksamkeit hervor. Hieraus sind die zahlreichen Krisen zu erklären, die sich an der Oberfläche der Sonne in der Erhebung der tieferen Atmosphärenschichten durch Ausbrüche von oft explosiver Natur kundgeben. Die niedrigeren metallischen Dämpfe und besonders der Wasserstoff werden in solchen Fällen zu beträchtlichen Höhen emporgeschleudert, die sich im Spektroskop bis zu einem Viertel des Sonnendurchmessers verfolgen lassen und uns als **Protuberanzen** sichtbar werden, wenn sie an Stellen entstehen, die eben am Sonnenrande gelegen sind. Die rapiden Aenderungen im Orte ihres Ausganges und in ihrer Ausbreitung, sowie der Umstand, daß sie selbst an ihrer Basis außerordentlich veränderlich sind, betrachtet Secchi als einen Beweis, daß sie nicht aus einer in widerstandsfähiger Schicht entstandenen Oeffnung hervorgegangen sein können.



Zustände und Vorgänge in einem Sonnenfleck
nach Secchi.

Oft mischen sich diese Ausbrüche mit Säulen metallischer Dämpfe von größerer Dichtigkeit, die die Höhe des Wasserstoffes nicht erreichen, und deren Natur mit Hilfe des Spektroskopes erkennbar ist. Mitunter fallen sie auch in Form parabolischer Strahlen auf die Sonne zurück. Die Materie, aus der sie bestehen, weist am häufigsten dieselben Substanzen auf, aus der die niedrige, absorbierende Schicht der Sonnenatmosphäre gebildet ist (Natrium, Magnesium, Eisen u. s. w.) und die durch die Absorption die dunklen Linien im Spektrum hervorbringen. Als eine strenge und unvermeidliche Konsequenz dieser Umstände betrachtet Secchi die Thatsache, daß, wenn die auf solche Weise erhobene Masse durch die Rotation der Sonne zwischen die Photosphäre und das Auge des Beobachters zu liegen kommt, die Absorption sehr merkbar wird und einen dunklen Flecken auf der Photosphäre selbst hervorruft. Im Spektroskop erscheinen die metallischen Absorptionslinien in dieser Gegend dann wirklich breiter und verschwommener, und wenn die erhobene Masse hoch und dicht genug ist, so können wir selbst die Rückumkehrung der bereits umgekehrten Linien, nämlich die hellen Linien der Substanz selbst, auf dem Grunde des Fleckes

sehen. Auf diese Weise erklärt Secchi den Ursprung der Sonnenflecke. Sie werden nach seiner Auffassung durch Massen absorbierender Dämpfe gebildet, die aus dem Innern der Sonne hervorgekrochen sind und, wenn sie zwischen die Photosphäre und das Auge des Beobachters treten, einen großen Teil des Lichtes verhindern, jenes zu erreichen.

Aber diese Dämpfe sind schwerer als die umgebenden Massen, in die sie hineingeworfen sind. Sie fallen deshalb vermöge ihres eigenen Gewichtes und bringen im Bestreben, in die Atmosphäre zu sinken, in dieser eine Höhlung, eine Art von Becken hervor, das mit einer dunkleren und mehr absorbierenden Masse erfüllt ist. Damit erklärt Secchi die an den Sonnenflecken wahrgenommene Vertiefung. Ist der Ausbruch plötzlich erfolgt oder nur von sehr kurzer Dauer, so wird die auf die Photosphäre zurückgefallene Dampfmasse bald glühend; sie erhitzt sich, löst sich auf, und der Fleck verschwindet schnell; aber die inneren Krisen des Sonnenkörpers mögen sich durch lange Zeit fortsetzen, und der Ausbruch kann sich daher an der gleichen Stelle während mehrerer Umdrehungen der Sonne um ihre Achse erhalten. Damit wäre nach Secchi die Beständigkeit der Sonnenflecke erklärt; denn die Wolke kann sich so lange und soweit wieder neu bilden, als die Photosphäre sie auflöst, wie das auch mit den Dampfstrahlen unserer Vulkane geschieht. Die Ausbrüche können, wenn sie schon nahe ihrem Ende, sich wieder beleben und mehrere Male nahe an derselben Stelle sich wiederholen, so daß Form und Lage der Flecken sehr veränderlich sein können.

Die Penumbra der Sonnenflecken besteht nach Secchi aus dünnen, dunklen Schleiern und aus Fasern oder Strömen photosphärischer Materie, die auf die dunkle Masse hereinzubrechen streben. Diese Ströme haben Zungenform und scheinen häufig aus kugeligen, Perlenschnüren oder Weidenblättern ähnelnden Massen zu bestehen. Secchi meint, daß es nur die Körner der Photosphäre sein können, die sich gegen das Centrum des Fleckes stürzen und es zuweilen gleich einer Brücke kreuzen.

Secchi unterscheidet drei Perioden in der Entwickelung des Sonnenfleckes: die der Bildung, der Ruhe und der Auflösung. In der Periode der Bildung wird die photosphärische Masse gehoben und zugleich durch eine mächtige Erregung verzerrt, wobei sich oft ein Wirbel bildet, der sich über die flüssigen Strömungen ringsum erhebt und Falten aufwirft, wobei entweder gar keine oder eine sehr unregelmäßige Penumbra entsteht. Die von solchen Erregungen getroffene Gegend erstreckt sich oft über mehrere Quadratgrade; die unregelmäßigen Bewegungen sind von ungeheurer Geschwindigkeit. Aber die Eruption ist bald zu Ende, die Erregung läßt allmählich nach und es tritt die Periode der Ruhe ein. In dieser fällt die erregte und emporgehobene Masse wieder zurück und sucht sich zu mehr oder weniger kreisförmigen Massen zu sammeln und in die Oberfläche der Photosphäre einzusinken. Es entsteht an der betreffenden Stelle jene herabgedrückte Form der Photosphäre, die einer Röhre oder einem Trichter gleicht, und es bilden sich jene zahlreichen Ströme, die von jedem Punkte des Umfanges her über die dunkle Masse sich zu stürzen suchen; der Kontrast zwischen ihr und der ausströmenden Substanz dauert aber fort. Der Sonnenfleck nimmt jetzt eine nahezu dauernde und kreisähnliche Form an, und dieser Zustand kann so lange anhalten, als die inneren Wirkungen der Sonnenkugel neues Material zu seiner Erhaltung liefern. Wenn diese inneren Wirkungen endlich aufhören, läßt die eruptive Thätigkeit nach und erschöpft sich schließlich; die auf allen Seiten von der Photosphäre überströmte absorbierende Masse ist aufgelöst und der Fleck verschwindet.

Secchi hat die Thatsache dieser Phasen durch das vergleichende Studium der Flecken und der Ausbrüche bestätigt gefunden. Wenn ein Fleck während seiner ersten Periode am Sonnenrande sich befindet, so wird seine Lage, obschon die dunkle Region unsichtbar ist, durch Eruption metallischer Dämpfe angezeigt, falls der Fleck beträchtlich ist. In den dunkelsten werden die Dämpfe vom Natrium, Eisen und Magnesium in größter Menge und zu den größten Höhen erhoben gesehen. Ein ruhiger und kreisförmiger Fleck ist gekrönt von schönen Fackeln und Strahlen von Wasserstoff und metallischen Dämpfen, die sehr niedrig, aber dabei ganz glänzend sind. Ein Fleck, der auf dem Punkte steht, sich zu

schließen, entleert keine metallischen Auswürfe, sondern höchstens einige kleine Wasserstoffstrahlen sowie eine bewegtere und höhere Chromosphäre. Die Beobachtung zeigt, daß Ausbrüche in der Regel Flecke begleiten, und daß es an solchen fehlt, wenn sich auch keine Flecke zeigen. Die Sonnenthätigkeit bemißt sich also nach der doppelten Erscheinung der auf eine gemeinsame Quelle zurückzuführenden Ausbrüche und Flecken, wobei letztere nur als eine sekundäre Erscheinung anzusehen sind, da sie von den Ausbrüchen und der größeren oder geringeren Absorptionsfähigkeit der an den Erscheinungen beteiligten Materien abhängen. Würden die ausgestoßenen Dämpfe nicht Farben des Spektrums absorbieren, so könnte man nach Secchi überhaupt keine Sonnenflecken sehen.

Ausbrüche, die nur aus Wasserstoff bestehen, bringen keine Flecken hervor; man findet sie an allen Punkten der Sonnenscheibe, wogegen die Flecke, wie bereits erwähnt, sich auf die Gürtelzone am Aequator beschränken, wo allein die Ausbrüche metallischer Dämpfe stattfinden. Secchi führt die Entstehung der Sonnenfackeln auf die Ausbrüche einfachen Wasserstoffes zurück und bezeichnet als Ursachen ihres größeren Glanzes einerseits die Erhebung der Photosphäre über die absorbierende, sehr dünne Dampfschicht, so daß in der höheren Region deren Wirkung verloren geht und diese somit glänzender erscheint, andererseits die Abdrängung der absorbierenden Schicht durch den hervorbrechenden Wasserstoff, wodurch hier ein besserer Blick auf das Licht der Photosphäre selbst eröffnet wird, so daß dieses glänzender erscheint.

Die Häufigkeit der Sonnenflecken stimmt überein mit derjenigen der Ausbrüche, so daß wir in beiden Kennzeichen der Thätigkeit der Sonnenmaterie zu erblicken haben. Die größte Thätigkeit entwickelt diese innerhalb des äquatorialen Gürtels, der das eigentliche Gebiet der Sonnenflecken ist. Ueber diesen Gürtel hinaus sieht man zwar vereinzelte, aber nicht richtige Flecken; die seltenen Ausnahmen zeigen nur ein verschleiertes Bild und sehr geringe Ausbrüche von Metalldämpfen.

Es ist einleuchtend, daß eine Masse von der Beschaffenheit und dem Aggregatzustande des Sonnenkörpers, in deren verschiedenen Teilen sehr verschiedene Temperaturen herrschen, in fortwährender innerer Bewegung und Cirkulation begriffen sein muß. Die Gesetze, nach denen diese Bewegung sich vollzieht, sind noch unbekannt; doch hält Secchi die Thatsache an sich für genügend fest begründet: Die Fleckenzonen sind nicht dauernd in bestimmte Grenzen gebannt, sondern schreiten vom Aequator gegen die Pole hin fort. Sind die Flecke in einer gewissen höheren Breite angekommen, so beginnen sie zu verschwinden, erscheinen aber nach einiger Zeit in niedrigeren Breiten wieder und rücken dann von neuem weiter. Zwischen diesen Phasen der Ortsveränderung tritt gewöhnlich ein Fleckenminimum ein. Während der Perioden der Thätigkeit haben die Protuberanzen eine vorherrschende Richtung gegen die Pole, ebenso auch die Flammen der Chromosphäre. Dies zeigt, daß eine allgemeine Bewegung der Photosphäre vom Aequator gegen die Pole hin stattfindet, von der auch die örtliche Veränderung der Zonen der Ausbrüche und Protuberanzen, die sich, wie schon bemerkt, stets gegen die Pole hin zu verrücken scheinen, Kunde giebt.

Außer der Bewegung in der Richtung der heliographischen Breite hat aber die Photosphäre auch eine solche in der Längsrichtung, und diese ist am stärksten am Aequator. Secchi schließt aus diesen Erscheinungen, daß die ganze Sonnenmasse von einer wirbelartigen Bewegung beeinflußt wird, die vom Aequator nach den Polen hin in schiefer Richtung gegen die Meridiane geht. Secchi glaubt als zweifellos annehmen zu dürfen, daß diese Bewegungen mit der ursprünglichen Art, in der die Sonne sich gebildet hat, zusammenhänge.

Man hat eine gewisse Regelmäßigkeit in dem vermehrten und verminderten Auftreten der Sonnenflecke erkannt und dafür eine Periode von $11^1/_3$ Jahren angenommen. Nach Secchis Beobachtungen trifft diese Ziffer besser zu als alle anderweitig angegebenen, und es ergiebt sich aus derselben im Weiteren, daß die Steigerung der Thätigkeit der Sonnenmasse rascher zu- als abnimmt, indem sie binnen etwa vier Jahren wächst, während

der folgenden sieben Jahre im Abnehmen begriffen ist. Es ist erwiesen, daß diese Schwankungen sowohl auf die Temperatur als auch auf die Niederschlagsverhältnisse, die Elektricität und den Erdmagnetismus eine Rückwirkung ausüben, in dem Sinne, daß die nassen Jahre mit der Periode der Fleckenhäufigkeit zusammenfallen und die Temperatur in diesen Perioden eine etwas tiefere ist. Doch ist die Einwirkung im Ganzen nur eine geringe, und ihre Bemerkbarkeit beschränkt sich hauptsächlich auf die Tropen, wo die Temperatur in fleckenreichen Jahren um Bruchteile eines Wärmegrades unter das Mittel herabsinkt, in fleckenarmen Perioden dagegen in ungefähr gleichem Verhältnisse über das Mittel steigt. In den gemäßigten Klimaten sind die Ursachen, die auf Temperatur und Witterung Einfluß haben, so mannigfacher Art, daß hier der Einfluß der Sonnenflecken häufig gänzlich unmerkbar wird. Was die Ursachen dieser Schwankungen im Zustande und der Bewegung der Sonnenmasse sind, ist uns noch völlig unklar; dieselbe aus der Einwirkung der Planeten erklären zu wollen, erscheint nach Secchi unzulässig, weil nach dessen Ansicht diese Einwirkung durchaus nicht zur Hervorrufung solcher Erscheinungen genügt. Die allgemeinen Verhältnisse auf der Sonne resumiert Secchi in Folgendem:

„Ueber das Innere der Sonne haben wir keine sichere Kenntnis. Die Temperatur der Oberfläche ist trotz des fortwährenden Wärmeverlustes, den sie erleidet, so groß, daß wir für das Innere keine geringere annehmen können; infolgedessen kann auch keine solide Schicht dort bestehen, ausgenommen vielleicht in Tiefen, wo der durch die Schwere entstehende Druck die von der Wärme hervorgerufene molekulare Ausdehnung erreicht oder übertrifft. Wie dem auch sein mag, die der Erforschung durch unsere Instrumente zugängliche Schicht ist zweifelsohne flüssig und gasförmig, und wir können so die Aenderungen des Sonnendurchmessers erklären, die von manchen Astronomen gefunden wurden.*) Trotz dieser kleinen Schwankungen ist die Wärmestrahlung des Körpers in sein Planetensystem doch nahezu konstant, während langer Zeiträume und im Besonderen während der historischen Zeit. Diese Konstanz hat mehrere Ursachen: zuerst die enorme Masse des Körpers, welche sich wegen der sehr hohen Temperatur nur sehr langsam abkühlen kann; dann die Zusammenziehung der Masse, welche die dem Wärmeverlust folgende Kondensation (Zusammenziehung oder Verdichtung) begleitet; endlich die Ausstrahlung der Dissociations- oder Versetzungswärme, welche aus chemischen Wirkungen entsteht, die in der ganzen Masse stattfinden mögen.

Der Ursprung dieser Wärme muß in der Gravitation gesucht werden; denn es ist gezeigt worden, daß die Sonnenmasse, indem sie sich von den Grenzen des Planetensystems bis zu ihrem jetzigen Volumen zusammengezogen hat, nicht nur ihre wirkliche, sondern eine mehrere Male größere Wärmemenge erzeugen mußte. Was den absoluten Wert dieser Temperatur betrifft, so können wir ihn nicht mit Sicherheit bestimmen. Da die Wissenschaft bis jetzt noch nicht die Beziehung ermittelt hat, die zwischen molekularer lebendiger Kraft und der Intensität der Strahlung in die Ferne (welch letztere die einzige durch die Beobachtung gegebene Größe ist) besteht, so befinden wir uns in einem Zustande der Ungewißheit. Trotzdem aber muß diese Temperatur mehrere Millionen Grad unseres Thermometers betragen und fähig sein, alle bekannten Substanzen im Dampfzustande zu erhalten."

Wir geben die Darstellung Secchis so ausführlich wieder, weil sie in der Hauptsache die Anerkennung der wissenschaftlichen Welt gefunden hat und dem Laien ein anschauliches, lebensvolles Bild von den Vorgängen in der Masse und auf der Oberfläche eines Himmelskörpers giebt, der sich noch in einem frühen Stadium seiner Entwickelung befindet und uns einen Zustand zeigt, in welchem sich unser eigener Planet auch einmal befunden haben muß. Die Ansichten anderer Astronomen weichen in manchen Punkten von dieser Darstellung ab und zwar namentlich bezüglich der Corona. So sagt z. B. Newcomb, daß

*) Newcomb-Engelmanns „Populäre Astronomie", deren Uebersetzung des Secchischen Aufsatzes wir im Obigen gefolgt sind, hebt in einer an dieser Stelle angebrachten Fußnote hervor, daß die namentlich von Secchi selbst behaupteten Aenderungen des Sonnendurchmessers durch genauere Untersuchungen von Auwers, Wagner u. a. nicht bestätigt worden sind.

von der Corona mit Sicherheit behauptet werden dürfe, daß sie eine Atmosphäre im gewöhnlichen Sinne des Wortes, also eine kontinuierliche, durch eigene Elasticität sich erhaltende Masse elastischen Gases nicht sein könne. Er führt für diese Ansicht zwei Gründe auf, von denen ihm der erstere beinahe, der letztere vollkommen überzeugend zu sein scheint. Es sind dies folgende:

1. Die Schwerkraft ist auf der Sonne ungefähr 27 mal so groß als auf der Erde, und jedes Gas ist dort 27 mal so schwer als hier. In einer Atmosphäre wird jede Schicht durch das Gewicht aller über ihr befindlichen Schichten bedrückt. Das Ergebnis ist, daß, wenn wir um gleiche Stücke — also in arithmetischer Progression*) — von der äußersten bis zur untersten Schicht herabsteigen, die Dichtigkeit der Atmosphäre in geometrischer Progression wächst. Eine aus dem leichtesten von allen uns bekannten Gasen, d. i. aus Wasserstoff, bestehende Atmosphäre würde ihre Dichtigkeit etwa alle 10 km verdoppeln, wenn auch zu so hoher Temperatur erhitzt, wie sie wahrscheinlich in einer Höhe von 200 000 km über der Sonnenoberfläche noch besteht. Soweit aber die Beobachtungen reichen, existiert auch nicht annähernd ein so rapides Wachstum in der Dichtigkeit der Corona, wenn wir von den äußeren zu den unteren Schichten derselben herabsteigen. Wäre also die Corona eine solche Atmosphäre, so müßte sie mehrere hundertmal leichter sein als Wasserstoff.

2. Der große Komet von 1843 ging an der Oberfläche der Sonne so nahe vorbei, daß er mitten durch die Corona lief. Zur Zeit der größten Nähe war seine Geschwindigkeit 570 km in der Sekunde und mit nahezu dieser Geschwindigkeit ging er in einer Strecke von wenigstens 500 000 km durch die Corona, ohne jedoch nach seinem Austritte aus dieser auch nur die geringste Verzögerung oder Störung erfahren zu haben. Um eine Vorstellung von dem zu erhalten, was aus ihm geworden wäre, wenn er auch nur die dünnste Atmosphäre durchkreuzt hätte, brauchen wir nur an die Sternschnuppen zu denken, die augenblicklich und vollständig durch die Hitze, die ihre Reibung an der Erdatmosphäre in einer Höhe von 100 km verursacht, in Dampf verwandelt werden. Dabei giebt Newcomb zu bedenken, daß in solcher Höhe unsere Atmosphäre bereits so verdünnt ist, daß sie die Fähigkeit, das Sonnenlicht zurückzuwerfen, schon gänzlich verloren hat, und daß die Geschwindigkeit der Sternschnuppen nur etwa 40—60 km in der Sekunde beträgt. Erwägt man endlich, daß sowohl der Widerstand als auch die Wärme zum mindesten im Verhältnis zu den Quadraten der Geschwindigkeit wachsen, was würde dann das Schicksal eines Körpers oder einer Ansammlung von Körperchen wie eines Kometen sein, der durch viele Hunderttausende von Kilometern der dünnsten Atmosphäre mit einer Geschwindigkeit von über 500 km per Sekunde stürzt! Und wie dünn müßte eine derartige Atmosphäre sein, wenn ein Komet nicht nur ohne Zerstörung, sondern ohne selbst das geringste von seiner Geschwindigkeit zu verlieren, hindurchliefe! Sicherlich müßte sie gänzlich unsichtbar und überhaupt unfähig sein, irgendwelche physische Wirkung hervorzubringen.

Von diesen Anschauungen ausgehend, kommt Newcomb zu dem Schlusse, daß hinsichtlich der Natur der Corona diejenigen Annahmen noch die meiste Wahrscheinlichkeit für sich haben, wonach die Materie derselben der Sonne angehört und beständig aus dieser hervorgeschleudert wird, um, dem Gesetz der Schwere folgend, wieder zu ihr zurückzukehren. Durch elektrische Abstoßung werden die Teilchen der emporgeworfenen Sonnenmaterie kürzere oder längere Zeit in der Höhe gehalten. Eine weitere Hypothese läßt, wie bereits

*) Progression (lat.) s. v. w. Fortschreitung oder fortschreitende Steigerung, in der Mathematik besonders solche Zahlenreihen, in denen je zwei aufeinanderfolgende Glieder durchweg entweder dieselbe Differenz oder dasselbe Verhältnis haben. Wiederholt sich dieselbe Differenz, wie z. B. in der Reihe der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w., wo die Differenz = 2 ist, so ist die Progression eine arithmetische, wiederholt sich dagegen das gleiche Verhältnis, wie in der Reihe 2, 4, 8, 16 u. s. w., wo das sich wiederholende Verhältnis = 1 : 2 ist, so ist dies eine geometrische Progression.

früher erwähnt worden ist, die Corona aus Schwärmen winziger Meteore bestehen, die in unmittelbarer Nähe die Sonne umkreisen. Diese Annahme scheint nach den neuesten Beobachtungen ganz besonders an Boden zu gewinnen. Für sie spricht die Thatsache, daß das Licht der Corona bei der optischen und spektroskopischen Untersuchung Eigenschaften aufweist, aus denen hervorgeht, daß es wenigstens zum Teil reflektiertes, also nicht von der Materie selbst ausgehendes, sondern von ihr nur zurückgeworfenes Licht der Photosphäre ist. Daß übrigens die von Newcomb gegen den atmosphärischen Charakter der Corona erhobenen Einwendungen — namentlich die zweite derselben — auch der Meteoriten-Hypothese gegenüber nicht entkräftet erscheinen, kann hier nicht unerwähnt bleiben. Ueberhaupt ist die ganze Frage zu endgültiger wissenschaftlicher Entscheidung noch lange nicht reif und bedarf nach den verschiedensten Richtungen weiterer Aufklärung. Ob diese jemals in einem dem menschlichen Wissensdurste genügenden Maße erlangt werden wird, muß dahingestellt bleiben.

Die Frage, ob die Sonne in gleicher Weise wie die sie umkreisenden Planeten eine Bahn um einen Himmelskörper höherer Ordnung beschreibt, ist bereits an anderem Orte in Betracht gezogen worden. Aeltere Astronomen haben dieselbe bejaht, weil man auch an anderen Fixsternen Bewegungen wahrgenommen hat, die man im gleichen Sinne deuten zu müssen glaubte wie die planetarischen. Nach den am Anfange dieses Abschnittes (S. 130) aufgestellten Grundsätzen hatte diese Annahme auch ihre Berechtigung, denn wir kennen keine andere Art von Bewegung kosmischer Körper, als die Rotation und Revolution, und es liegt daher auch um so weniger Grund vor, bei den Fixsternen anzunehmen, daß sie plan- und ziellos in den ewigen Raum hinein wandern, als gerade diese gewaltigsten aller Himmelskörper die größte Verwirrung im Kosmos anrichten müßten, wenn ihre Bewegung nicht bestimmten Gesetzen folgte. Daß die Eigenbewegung der Fixsterne und mit ihnen die der Sonne, die ja auch nichts anderes als ein solcher ist, ihrer Natur nach noch nicht hat erforscht werden können, kann nicht wundernehmen, wenn man bedenkt, wie verschwindend klein der Zeitraum ist, während dessen der Mensch sich überhaupt mit der Beobachtung des Himmels beschäftigt, gegenüber demjenigen, den die in so unermeßliche Fernen hinausgestreuten und so unendlich weit von einander entfernten Fixsterne zur Umkreisung eines Centralkörpers nötig hätten, wenn eine solche überhaupt stattfindet. Sobald der Gedanke einmal aufgegriffen war, konnte er nur in dem Sinne weiter gesponnen werden, daß allen für uns sichtbaren Fixsternen jenem Centralkörper gegenüber nur die Rolle von Planeten zukomme, daß also das ganze Weltsystem, dem unser Sonnensystem angehört, um einen einzigen Centralkörper kreise. Ob nun dieser für uns sichtbar ist oder nicht, ist nebensächlich. Der Astronom J. H. Maedler, der sich zuerst mit dieser Frage wissenschaftlich beschäftigt hat, glaubte auf Grund seiner Untersuchungen über die Eigenbewegung der Fixsterne den Gedanken an eine Centralsonne verwerfen und sich auf die Annahme einer Centralgruppe beschränken zu müssen, um die sich unsere Sonne seiner Berechnung gemäß in 20 Millionen Jahren bewegt. Als Centralgruppe bezeichnete er die Plejaden, und in diesen erkannte er der Alkyone den nächsten Anspruch darauf zu, als Centralsonne zu gelten. Doch sind die Annahmen Maedlers in überzeugender Weise als haltlos hingestellt und der Gedanke einer Centralsonne aufgegeben worden. Man kam zu dieser Anschauung, weil sich, soweit die wissenschaftliche Erkenntnis reicht, in den Eigenbewegungen der Fixsterne keinerlei Regelmäßigkeit zeigt, was jedenfalls der Fall sein müßte, wenn sich die Fixsterne wirklich in kreisähnlichen Bahnen um einen gemeinsamen Schwerpunkt — einerlei, ob Centralgruppe oder Centralsonne — bewegten. Damit ist freilich die Frage nach der eigentlichen Natur der Eigenbewegung der Fixsterne und unserer Sonne keineswegs gelöst und ebensowenig beseitigt, weil diese Eigenbewegung unzweifelhaft durch die Beobachtung festgestellt ist. Soviel ist sicher, daß das Maß der Bewegung unserer Sonne im Weltraum ein so gewaltiges ist, daß auch noch nach Jahrhunderten eine Veränderung der Richtung dieser Bewegung kaum oder überhaupt nicht zu bemerken sein wird. Sollte also diese Bewegung in einer geschlossenen Bahn erfolgen, so müßte diese einen so

weiten Umfang haben, daß für unsere Beobachtung ein in Jahrhunderten zurückgelegtes Bogenstück noch immer als gerade Linie erscheinen würde. Welchen Einfluß die übrigen Weltsysteme im Kosmos auf den Verlauf dieser Sonnenbahn ausüben mögen, entzieht sich unserer Beobachtung vollständig. Nach Herschel und Prevot bewegt sich die Sonne gegen einen im Sternbilde der nördlichen Krone gelegenen Punkt mit einer Geschwindigkeit von etwa 4—7 Meilen in der Sekunde.

Auch die Frage, ob die Sonne als Licht- und Wärmequelle ein unerschöpflicher Born sei oder ob sie dereinst aufhören werde, ihren Planeten und deren Satelliten diese Elemente des Lebens zu spenden, beschäftigt die gelehrte wie die Laienwelt schon seit geraumer Zeit. Nach den Versuchen von Herschel und Pouillet ist die Wärmemenge, welche die Sonne der Erde spendet, so groß, daß sie, wenn die Erdatmosphäre nicht vorhanden wäre, die allein etwa die Hälfte der Sonnenwärme in sich aufnimmt, auf jedem Quadratmeter der Erdoberfläche, sofern diese von den Sonnenstrahlen überall senkrecht getroffen würde, die Temperatur von 1 kg Wasser in einer Minute um 17 Grad C. zu erhöhen vermöchte. Diese Ziffer ist durch neuere Versuche erheblich vergrößert worden, und man glaubt jetzt einen Wert von 28 Grad C. annehmen zu können, eine Wärmemenge, die hinreichen würde, in jeder Minute die Temperatur von 3581 Kubikmeter Wasser um 1 Grad C. zu erhöhen oder in jedem Jahre eine Eiskruste von 46,4 m Dicke von der Oberfläche der Erde hinwegzuschmelzen. Nun ist aber der Anteil, den unser kleiner Planet an der Sonnenwärme hat, ein verschwindend kleiner. Wenn man sich die Sonne in eine Hohlkugel gesteckt denkt, deren Halbmesser der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne gleich ist, so würden auf dem Umfange dieser Hohlkugel 2170 Millionen Kugeln Raum finden, deren jede der Erde an Größe gleich käme und, da Licht und Wärme allseitig in gerader Linie sich fortpflanzen, dieselbe Wärmemenge empfangen würde, wie unsere Erde sie thatsächlich empfängt. Bei einer so außerordentlich starken Wärmeausstrahlung müßte selbst ein Körper von der Größe unserer Sonnenkugel in absehbarer Zeit seine Wärmekraft einbüßen, wenn nicht Ersatz vorhanden wäre. Schon Newton hat diesen Ersatz in dem wiederholten Hereinstürzen von außerhalb des Sonnenkörpers befindlicher kometenartiger Materie suchen zu sollen geglaubt, und J. R. Mayer (1814—1878), der Begründer der mechanischen Wärmetheorie, hat diesen Gedanken noch weiter ausgeführt. Nach seinen Ausführungen würde zwar die Kometenmasse, von der Newton die genügende Speisung der Sonne mit neuer Wärmkraft erwartete, nicht ausreichen, um den Ausfall zu decken, denn wir wissen, daß die Masse jedes einzelnen dieser Himmelskörper viel zu geringfügig ist, um der Sonne für eine längere Zeit Ersatz an lebendiger Kraft zuführen zu können, ganz abgesehen davon, daß die Kometen die Sonne als Centralkörper umkreisen und daß daher nur ganz vereinzelt Zusammenstöße derselben mit der Sonne vorkommen dürften. Außer den Planeten und Kometen ist aber, wie wir bereits wissen, der Raum unseres Sonnensystems mit einer großen Zahl von Körpern bevölkert, die ihrer verhältnismäßig außerordentlich geringen Größe wegen als kosmische Atome angesehen werden können und in elliptischen Bahnen, den Gesetzen der Schwere folgend, die Sonne umkreisen. Diese ganze wägbare Materie unseres Sonnensystems mit Inbegriff der Planeten und Kometen ist aber in einer beständigen Annäherung an den Centralkörper begriffen. Denn in keinem Falle können wir die zwischen den einzelnen Körpern unseres Systemes befindlichen Räume als absolut leer betrachten, die wenigstens das Medium (jenes elastische Fluidum, das man mit dem Namen „Weltäther" bezeichnet) ganz durchdringen muß, weil es zur Fortpflanzung von Licht und Wärme unbedingt nötig ist. Das Vorhandensein dieses Aethers zugegeben, müssen die Himmelskörper bei ihrer Bewegung innerhalb desselben einen, wenn auch noch so geringen Widerstand erfahren und können sich nicht, wie in einer absoluten Leere, in immer gleichbleibenden, geschlossenen Bahnen bewegen, sondern werden durch dieses Widerstand leistende Medium genötigt, immer kürzere Bahnen um die Sonne zu beschreiben und endlich sich bleibend mit ihr zu vereinigen. Wie lang auch die Dauer ihrer Umläufe und wie groß deren Zahl sein mag, so finden dennoch alle

wandernden Himmelskörper in jenem Centrum, das ihnen während ungemessener Zeit Leben spendete, ihr gemeinsames Grab, in welches sie endlich mit einem heftigen Stoße stürzen und so beständig Wärme auf dem Centralkörper dieses kosmischen Systems erzeugen, damit sich jene Glieder desselben, über welche diese Katastrophe bisher nicht hereingebrochen, noch ferner ihres Daseins freuen können.

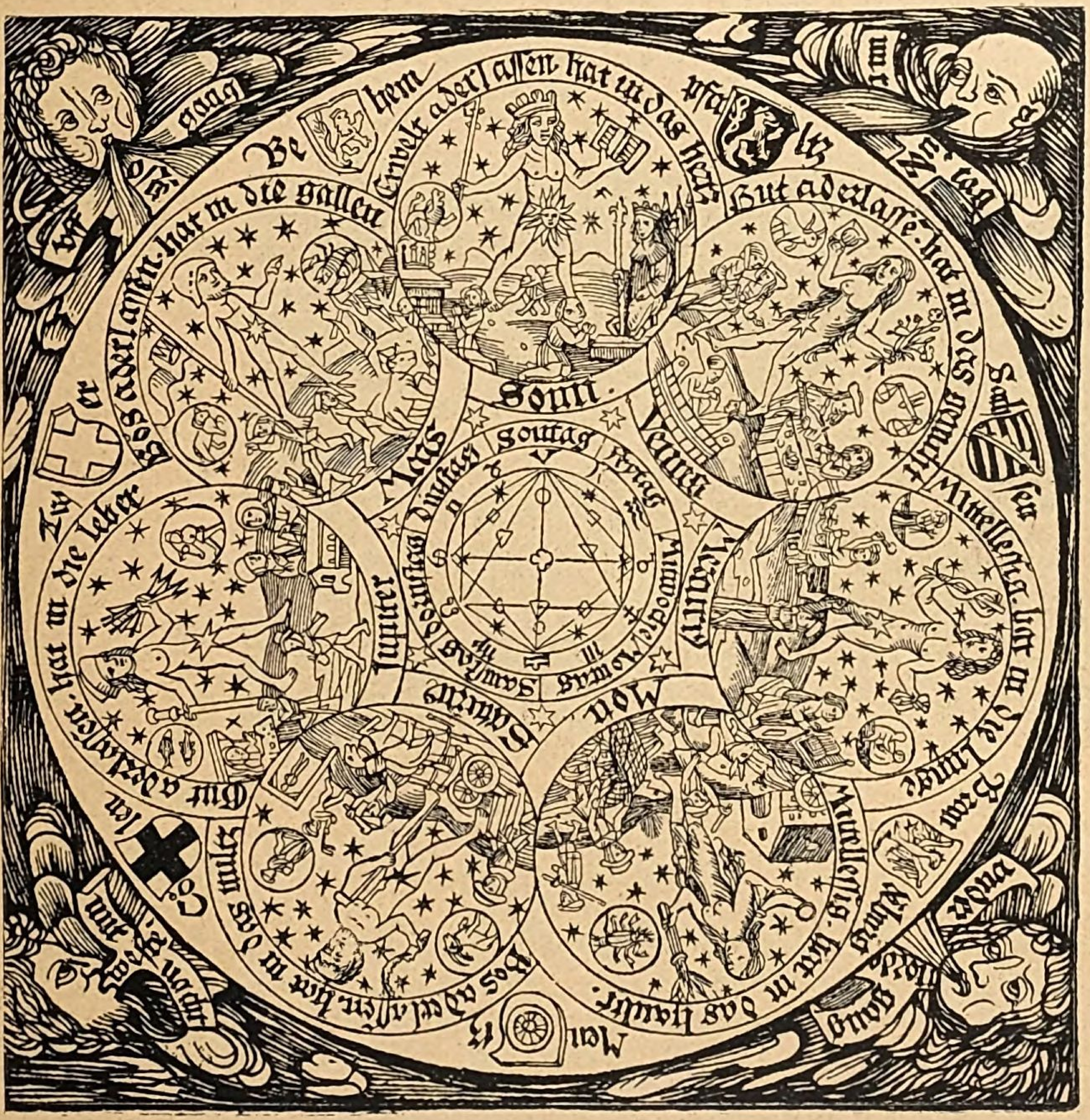
Nehmen wir eine hinreichende Masse kosmischer Materie an, so können wir uns die Erhaltung der Wärmkraft der Sonne auf sehr lange Zeiträume hinaus gesichert denken; allein es darf nicht vergessen werden, daß auch die Sonnenmasse durch derartige fortgesetzte Einstürze immer vermehrt würde und daß dies nicht ohne Rückwirkung auf die Dauer der Umlaufszeit bleiben könnte, da die größere Masse auch eine größere Anziehungskraft besitzt, die dann ihrerseits auf die Tangentialkraft abschwächend einwirken, das Niederstürzen der Planeten auf den Centralkörper mithin beschleunigen würde. Helmholtz hat nun noch auf ein anderes Entbindungsmittel von Wärme hingewiesen. Bekanntlich ziehen sich die Körper infolge der Abkühlung zusammen, daher wird auch die in Glühhitze befindliche Sonnenoberfläche durch die Wärmeausstrahlung sich abkühlen und zusammenziehen, so daß sie auf die unterhalb befindlichen Teile einen Druck ausüben wird, der, je stärker er ist, eine desto kräftigere Wärmeentwickelung zur Folge haben wird. Nach der Berechnung von Helmholtz würde die hierdurch bewirkte Wärmeentwickelung schon bei einer Verkleinerung des Sonnendurchmessers um $^1/_{10000}$ (= 139 km) eine Erhöhung der Temperatur einer der Sonne gleichen Wassermasse um 2860 Grad C. bewirken, und diese Verkleinerung würde genügen, den gesamten Wärmeverbrauch durch nahezu ein Jahrtausend zu decken.

Es ist bereits erwähnt worden, daß eine Veränderung des Sonnendurchmessers bisher noch nicht beobachtet worden ist, beziehungsweise daß die von einzelnen Beobachtern behauptete Veränderung durch genauere Beobachtung nicht bestätigt worden ist. Allein man darf nicht vergessen, daß überhaupt erst seit der Erfindung des Fernrohres, also seit ungefähr zweieinhalb Jahrhunderten, eine genauere Messung kosmischer Dimensionen möglich ist und daß wir auch jetzt noch nicht den Durchmesser der Sonne genau kennen, sondern hinsichtlich des wahren Wertes desselben noch innerhalb eines Maßes von 700 km im Ungewissen sind. Dieses Maß ist aber das Fünffache jener Größe, die, wie bereits gesagt, genügt, um für einen Zeitraum von 1000 Jahren die Wärmkraft der Sonne unveränderlich zu erhalten.

Drittes Kapitel.

Die Planeten.

Der Name Planeten ist bereits von den Alten denjenigen Gestirnen gegeben worden, die im Gegensatze zu den Fixsternen ihren Ort am Himmel verändern und zwischen diesen sich fortbewegen. Bis zur Erfindung des Fernrohrs kannte man natürlich nur diejenigen Planeten, die mit bloßem Auge sichtbar sind, nämlich den Merkur, die Venus, den

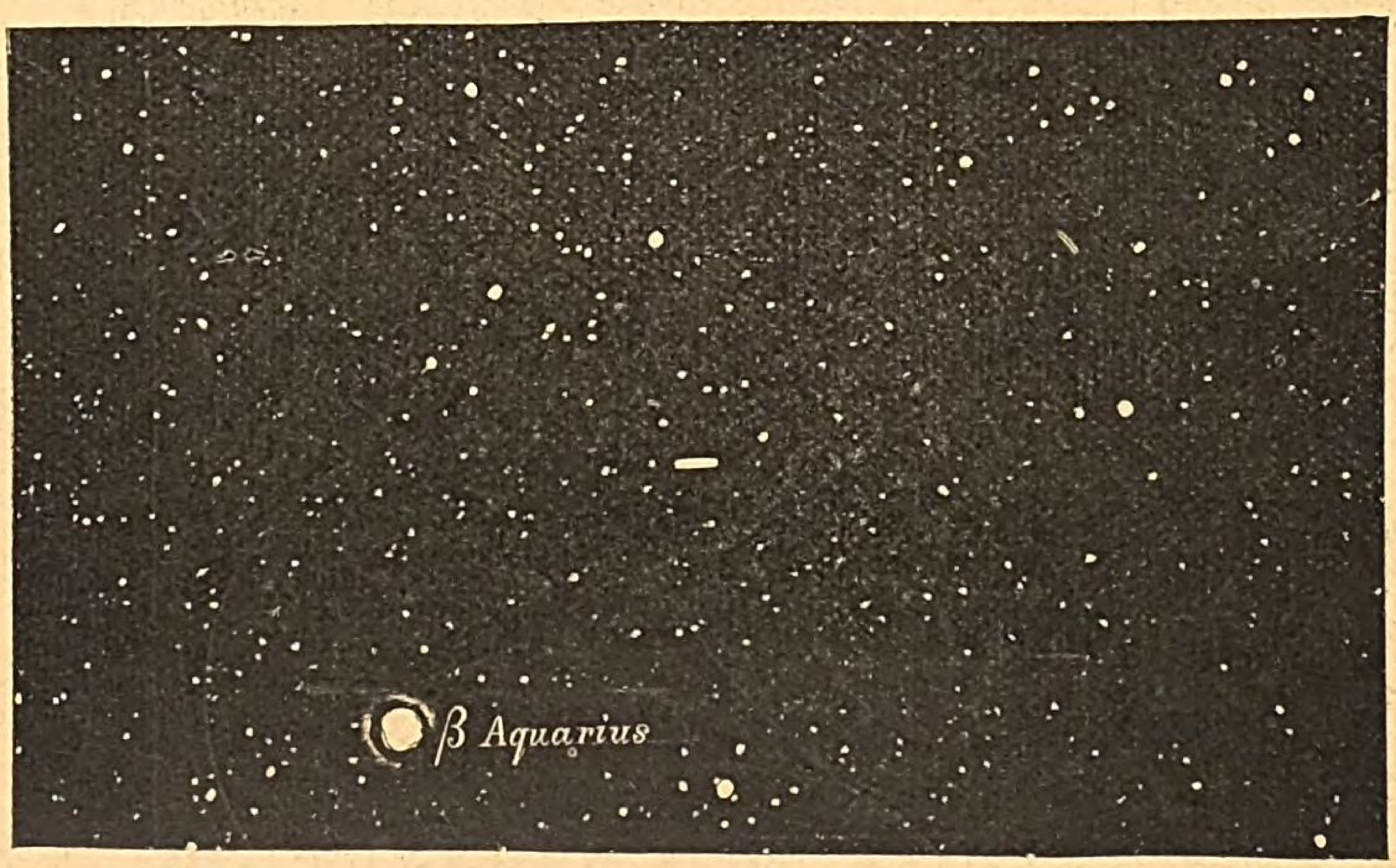


Die Planeten.

Der vorstehende Holzschnitt entstammt einer astrologischen Tafel aus dem letzten Jahrzehnt des 15. Jahrhunderts. Er zeigt in den vier Ecken die Himmelsgegenden, verkörpert in den denselben entsprechenden Winden, im Mittelpunkt der Scheibe den Zodiakalkreis, umgeben vom Ring der Wochentage; beide zusammen schließen die astrologischen Zeichen des Himmelshauses ein. Um dieses Mittelstück schließen sich die bildlichen Darstellungen der Planeten nebst Sonne und Mond zu einem Medaillonkranz; jede derselben enthält eine Gesundheitsregel, und zwischen den äußeren Bogenstücken der Medaillons sind die Wappen der Kurfürsten des römisch-deutschen Reiches angebracht.

Mars, Jupiter und Saturn. Unsere obenstehende Abbildung giebt einen Holzschnitt aus einer astrologischen Tafel aus dem vorletzten Jahrzehnt des 15. Jahrhunderts wieder, die neben Sonne und Mond diese fünf Planeten in ihrer mythologischen Personifikation darstellt. Daß auch die Erde ein Planet sei, erkannte man, wie wir

bereits gesehen haben, erst seit Kopernikus. Der Uranus wurde erst 1781 mit dem Fernrohr entdeckt und der Neptun 1846 durch Rechnung gefunden. Die Planetoiden kennt man seit Anfang unseres Jahrhunderts; als erster derselben wurde am Neujahrstag 1801 die Ceres entdeckt, dann folgten bis 1847 Pallas, Juno und Vesta, und seither ist die Zahl derselben bis gegen 400 gestiegen und dürfte wohl noch lange nicht erschöpft sein. Ebenso bleibt die Frage noch offen, ob die Reihe der Planeten unseres Sonnensystems mit dem Merkur und dem Neptun endgültig abgeschlossen ist oder ob es der Zukunft vorbehalten ist, dieselbe noch — sei es in der Richtung gegen die Sonne oder in derjenigen über den Neptun hinaus — zu ergänzen, beziehungsweise Zwischenglieder aufzufinden, die in diese Reihen einzuschieben wären. Im vorigen Jahre hat die Kunde von der Entdeckung eines neuen Planeten, die dem Astronomen der Berliner Urania, Gustav Witt, gelungen sein soll, Aufsehen erregt. Die Entdeckung erfolgte mit Hilfe der bereits in einem vorhergegangenen Kapitel besprochenen Himmelsphotographie. Am 13. August 1898 bemerkte der genannte Astronom, der schon zwei Jahre vorher auf die gleiche Weise einen bis dahin unbekannten Asteroiden entdeckt hatte, auf einer photographischen Himmelsaufnahme, die er gemacht hatte, neben den vielen größeren und kleineren Pünktchen, als welche die Sterne sich auf der Platte markieren, einen kurzen Strich in der Gegend des Sternbildes des Wassermanns (vgl. die nebenstehende Abbildung), der nur dadurch entstanden sein konnte, daß ein Himmelskörper im Verlaufe der photographischen Aufnahme seinen Ort durch Eigenbewegung verändert hatte, während die auf der Platte erscheinenden Fixsterne nur jener scheinbaren Bewegung gefolgt waren, die, wie bereits wiederholt erwähnt, das ganze Himmelsgewölbe im Laufe eines Tages um die Erd- beziehungsweise die mit derselben in der gleichen Linie gelegene Weltachse beschreibt. Witt war anfangs der Meinung, daß es sich auch in diesem Falle nur um einen Asteroiden gehandelt habe; die Berechnung der Bahn dieses neuen Himmelskörpers scheint indes ergeben zu haben, daß derselbe nicht zu den Asteroiden gehört, deren Bahnen bekanntlich durchweg zwischen Mars und Jupiter sich bewegen, sondern innerhalb der Marsbahn zwischen dieser und der Erdbahn in stark elliptischer Bahn die Sonne umkreist. Zur Zeit seiner Auffindung und der infolge derselben angestellten Beobachtung stand der mutmaßliche neue Planet in Erdferne und war nur in guten Instrumenten als Stern 10. Größe zu sehen; wenn aber die bezüglich desselben angestellten Berechnungen richtig sind, so würde dieser Planet, wenn er in Erdnähe kommt, sich uns bis auf etwa 3 Millionen Meilen nähern und somit — nach dem Monde — der uns am nächsten kommende Himmelskörper sein. Bei günstigem Stande dürfte er dann auch wohl dem freien Auge sichtbar werden.



Photographische Fixierung der Witt'schen Planeten.

Die vorliegende Abbildung zeigt eine starke Vergrößerung des Originals, in welchem der im Mittelpunkte unserer Darstellung sichtbare Planetenstrich nur 0,4 mm Länge hat und daher nur unter dem Mikroskop deutlicher sichtbar ist.

Was die Frage des etwaigen Vorhandenseins von Planeten jenseits des Neptuns betrifft, so will man in der Bewegung einzelner Kometen Anzeichen für die Bejahung dieser Frage gefunden haben, und zwar würden, falls diese Anzeichen nicht trügen, solche Planeten noch weit außerhalb der Neptunbahn zu suchen sein. Doch würden sich uns dieselben, wenn es wirklich gelingen sollte, sie aufzufinden, wegen ihrer außerordentlich großen Entfernung von der Sonne und der damit verbundenen langen Umlaufsdauer und Lichtschwäche kaum anders, denn als äußerst schwache Fixsterne mit verhältnismäßig großer, aber immerhin nur schwer zu verfolgender und unregelmäßig erscheinender Eigenbewegung darstellen.

Nicht minder große Schwierigkeiten, wenngleich aus entgegengesetzten Gründen, bereitet der Wissenschaft die Frage, ob in der Richtung gegen die Sonne hin die Reihe der Planeten abgeschlossen ist, oder mit anderen Worten, ob der Merkur wirklich der innerste Planet unseres Sonnensystems ist. Diese Frage hat besonders lebhaft den französischen Astronomen Leverrier beschäftigt, der — wie wir wissen — den Neptun auf dem Wege der Rechnung entdeckt hatte, bevor noch eines Menschen Auge desselben ansichtig geworden war. Es ist begreiflich, daß die thatsächliche Auffindung dieses Planeten an einer Stelle, wo er nach Leverriers Rechnung zu einem bestimmten Zeitpunkte eintreffen mußte, in der gesamten wissenschaftlichen Welt eine große Aufregung hervorrief, und daß Leverrier nicht der letzte war, der von derselben ergriffen wurde. Der gefeierte Astronom machte es sich fortan zur Lebensaufgabe, die Bahnelemente der acht großen Planeten des Sonnensystems aufs genaueste nachzuprüfen und festzustellen, und seine Arbeiten auf diesem Gebiete hatten auffallende Ergebnisse, über die er sich in einem vom September 1859 datierten Briefe an den Astronomen Faye ausführlich äußerte. In erster Linie hob er die großen Schwierigkeiten hervor, mit denen er bei seinen Studien zu kämpfen hatte, und unter denen die ungenügende Kenntnis der Sonnenbewegung eine hervorragende Rolle spielte. Die Forschung nach den bis dahin noch unerklärten Störungen der Uranusbahn führte, wie wir wissen, zur Entdeckung des Neptun. Zur Erforschung der Ungleichheiten in den astronomischen Verhältnissen der Erde beziehungsweise der Ursachen derselben bedurfte es der Vergleichung von nicht weniger als 9000 Beobachtungen, die an verschiedenen Orten vorgenommen worden waren. Endlich führte die mühsame Arbeit Leverriers zu dem Ergebnis, daß alles auf die Sonne Bezügliche in zuverlässiger Weise festgestellt war und der Astronom sich nunmehr vertrauensvoll dem Studium der Bewegungen des Planeten Merkur zuwenden konnte. Das Material, das ihm hierzu aus den letzten anderthalb Jahrhunderten zur Verfügung stand, bestand aus 21 Beobachtungen von Vorübergängen des genannten Planeten an der Sonnenseite, aus denen bis auf eine Bogensekunde genaue Vergleichungen der gegenseitigen Entfernungen von Sonne und Merkur für gewisse Momente geschöpft werden konnten. Schon früher hatte Leverrier bei der Benutzung der ihm bekannt gewordenen Merkurbeobachtungen gefunden, daß ihre Ergebnisse nicht in Uebereinstimmung mit denjenigen seiner eigenen Beobachtungen gebracht werden konnten. Er fand im Perihel (der Sonnennähe) der Merkurbahn eine Bewegung, die um 40 Sekunden in 100 Jahren größer ist als sie — entsprechend der Einwirkung der Anziehungskräfte aller bekannten Körper des Sonnensystems — sein sollte, und kam zu dem Schluß, daß ähnlich wie beim Uranus ein noch unbekannter Planet oder auch eine ganze Gruppe von solchen, die zwischen Merkur und Sonne die letztere asteroidenartig umkreisen, diese Erscheinung verursachen könnten. Die Annahme einer solchen Gruppe (anstatt eines einzelnen Planeten) hatte schon darum mehr Wahrscheinlichkeit für sich, weil die Masse eines einzelnen Planeten, aus dessen Vorhandensein die obenerwähnte Diskordanz*) zu erklären wäre, derjenigen des Merkur gleich sein oder diese sogar übertreffen müßte, und daß seine Leuchtkraft — wegen der großen Sonnennähe — sehr bedeutend sein müßte, so daß ein solcher Himmelskörper schon längst hätte

*) Diskordanz, lat., soviel wie Nicht-Uebereinstimmung.

entdeckt werden müssen. Leverrier neigte daher der Annahme einer solchen intramerkuriellen*) Asteroidengruppe zu und warf die Frage auf, ob sich nicht einer oder der andere von diesen Körpern bei seinem Vorübergehen an der Sonnenscheibe auffinden ließe. Kaum war dies aus dem Sitzungsbericht der Pariser Akademie bekannt geworden, als auch schon als Antwort darauf aus der Provinz die Kunde eintraf, daß ein solcher Himmelskörper thatsächlich aufgefunden worden sei. Der vermeintliche Entdecker war Landarzt in einem Städtchen des östlichen Frankreichs und betrieb die Astronomie zu seinem Vergnügen. Nichtsdestoweniger entschloß sich Leverrier, ihn aufzusuchen und sich von ihm näheren Bericht erstatten zu lassen. Der Entdecker des Neptun, begreiflicherweise durch die Hoffnung, auch nach dieser Richtung hin einen neuen glänzenden Triumph zu feiern, in eine optimistische Stimmung versetzt, hielt die Beobachtungen Lescarbaults — so hieß der Entdecker — für beachtenswert genug, um sich in eingehender Weise mit diesem „innersten Planeten", für den man sogar bereits den Namen „Vulkan" gewählt hatte, eingehend zu beschäftigen. Auch andere Astronomen wandten sich dieser Aufgabe zu. Doch erwiesen sich alle Bemühungen nach dieser Richtung als vergeblich. Wohl wurden wiederholt (schon vor und nach Lescarbaults Entdeckung) scheibenartige, dunkle Stellen auf der Sonnenscheibe gesehen; es scheint jedoch, daß es sich dabei nur um kreisartig und besonders scharf abgegrenzte Sonnenflecke gehandelt hat. Auch zwei während der totalen Sonnenfinsternis vom 29. Juli 1878 in großer Sonnennähe beobachtete Sterne, die man als intramerkurielle Planeten ansprechen zu dürfen glaubte, sind wahrscheinlich nichts Anderes als kleinere, bereits bekannte Fixsterne gewesen**). Wenn also die Rechnung Leverriers in Bezug auf die Störungen der Merkurbahn wirklich die gleiche reelle Unterlage haben sollte, wie dies hinsichtlich der Uranusbahn und des Neptun thatsächlich der Fall war, so bliebe nach dem oben Gesagten nur die eine Annahme offen, daß es sich hierbei nicht wie dort um einen einzelnen, auch nicht um eine Anzahl größerer Planeten, sondern nur um eine Gruppe zahlreicher, aber sehr kleiner Himmelskörper handele, die sich — eben wegen ihrer Kleinheit — der Wahrnehmung entziehen. Newcomb hat die Meinung ausgesprochen, daß diese Gruppe möglicherweise mit der Erscheinung des Zodiakallichtes zusammenhängen könnte; doch sind auch gegen diese Hypothese theoretische Bedenken von solchem Gewicht erhoben worden, daß sie zunächst noch nicht den Anspruch auf wissenschaftliche Geltung erheben kann. Wir haben daher den Merkur bis auf weiteres als den der Sonne am nächsten stehenden Planeten zu betrachten und wollen mit ihm unsere Rundschau eröffnen.

Wegen seiner Sonnennähe müßte uns der Merkur, der nach Stampfer in seiner größten Lichtstärke mittlere Sterne erster Größe um das Vierfache übertrifft, eine der glänzendsten Erscheinungen des nächtlichen Himmels darbieten. Nichtsdestoweniger giebt es im nördlichen Europa nur wenige Menschen, die diesen Planeten jemals mit unbewaffnetem Auge gesehen haben, und Kopernikus soll es noch auf seinem Sterbebette beklagt haben, daß er den Merkur Zeit seines Lebens nicht zu Gesichte bekommen habe, obgleich er stets bemüht war, dieses Anblickes teilhaftig zu werden. Der Grund davon ist, daß die Bahn des Merkur gegen die Ebene der Erdbahn nur um 70 Minuten geneigt ist und daß die scheinbare Entfernung desselben von der Sonne zur Zeit der größten (westlichen) Abweichung nur

*) Intramerkuriell, lat., soviel wie innerhalb des Merkur beziehungsweise seiner Bahn, also zwischen dieser und der Sonne gelegen.

**) Die umfassend systematisch organisierte Aufsuchung von intramerkuriellen Planeten, die anläßlich dieser in ganz Nordamerika sichtbaren, totalen Sonnenfinsternis veranstaltet worden war, hatte den Erfolg, daß zwei amerikanische Astronomen solche Planeten wahrgenommen haben wollten, und zwar jeder von ihnen deren zwei, so daß es sich im Ganzen um vier neuentdeckte Himmelskörper gehandelt hätte. Doch erwies es sich, daß die Angaben des einen dieser beiden Beobachter — L. Swift in Denver — zu unbestimmt waren, als daß sie zur Grundlage fortgesetzter Beobachtungen hätten dienen können, während sich die von dem anderen Astronomen — J. Watson in Separation — gefundenen Körper als identisch mit zwei bekannten Sternen 5. und 6. Größe im Sternbilde des Krebses herausstellten.

29 Grad betragen kann. Steht der Merkur westlich von der Sonne, so wird er kurz vor Sonnenaufgang am östlichen Himmel einige Zeit lang sichtbar, steht er östlich von der Sonne, so zeigt er sich bald nach deren Untergang für kurze Zeit am westlichen Himmel, findet sich also immer nur im Dämmerlichte des Tagesgestirnes und nahe am Horizont. Eine Ausnahme tritt in dem seltenen Falle einer totalen Sonnenfinsternis ein, in welchem er, wenn dieses Ereignis wie im Jahre 1851 gegen die Mittagszeit eintritt, hoch am Himmel steht und auch mit freiem Auge wahrgenommen werden kann. Im Fernrohr zeigt der Merkur wie auch die Venus und der Mond Lichtphasen, d. h. seine Gestalt erscheint bald in Scheiben-, bald in Halbmond- oder Sichelform. Sein hellweißes Licht wirkt so stark, daß man schwach gefärbte oder sogenannte Dampfgläser vor das Okular eines lichtstarken Teleskopes stellen muß (wie dies bei der Sonne stets geschieht), um die Umrisse seines Körpers schärfer sehen zu können.

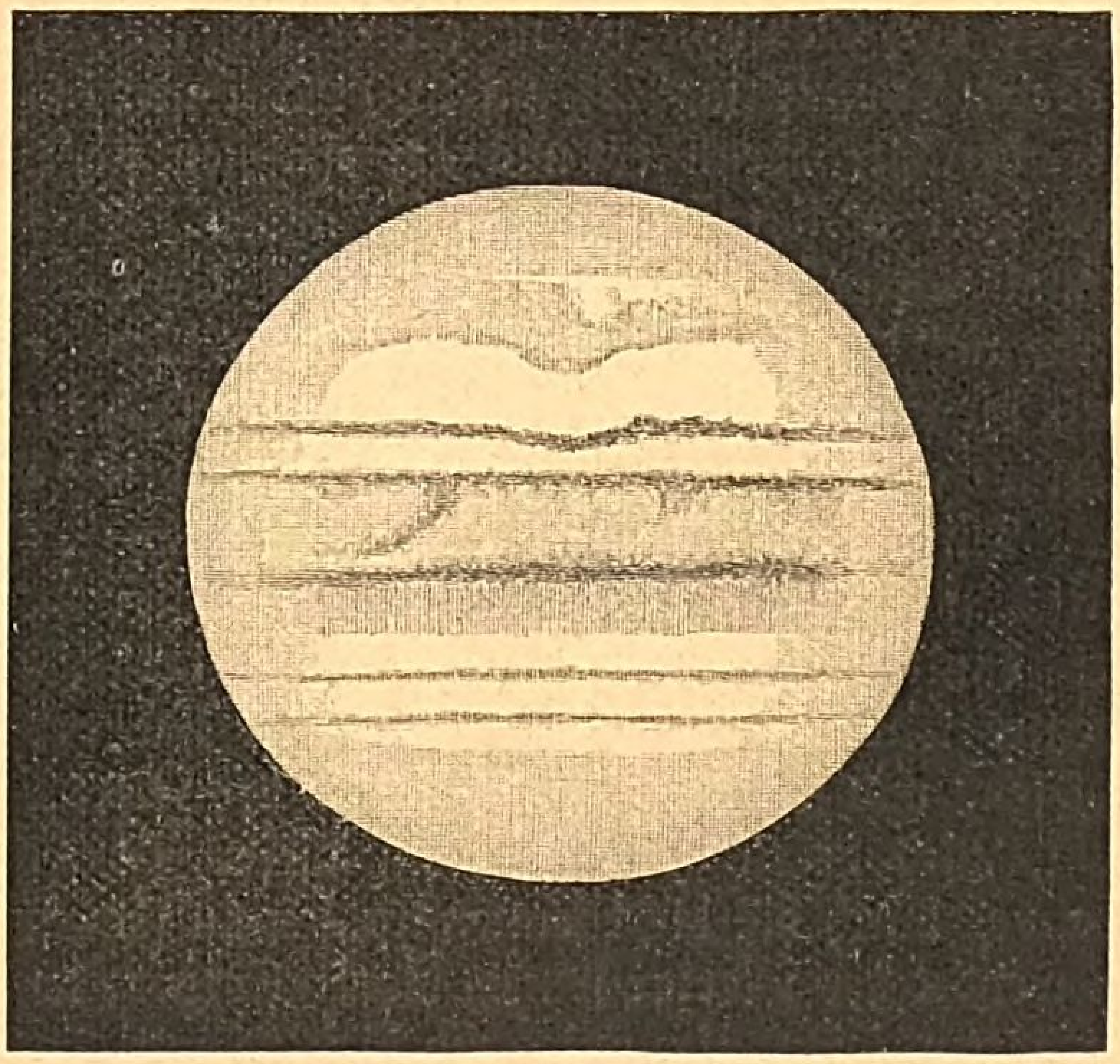
Die Bahn des Merkur ist stark elliptisch; infolgedessen rückt dieser Planet in seiner Sonnennähe dem Centralkörper bis auf 45 Millionen km nahe, während er in der Sonnenferne 69 Millionen km weit von demselben entfernt ist. Steht er mit der Erde in der unteren Konjunktion (d. h. auf der gleichen Seite der Sonne), so nähert er sich ihr bis auf 76 Millionen km, wogegen er sich in der oberen Konjunktion bis auf 220 Millionen km von ihr entfernt. Sein scheinbarer Durchmesser beträgt, wenn er uns am nächsten steht, 13, in seiner weitesten Entfernung von der Erde aber noch nicht ganz 5 Sekunden. Das Sonnenlicht auf dem Merkur ist beinahe siebenmal stärker als dasjenige, welches die Erde von der Sonne erhält; in gleichem Verhältnis würde auch die Sonnentemperatur auf den Merkur diejenige der Erde übersteigen, vorausgesetzt, daß die Merkuratmosphäre von gleicher Dichtigkeit wie jene der Erde ist. Daß der Merkur eine Atmosphäre besitzt, scheint nach Schiaparelli's Untersuchungen gewiß zu sein. Dieser Forscher hat auf der Fläche des Merkurs rötliche Gebilde entdeckt, die vermutlich von dichten Wolkenbänken herrührten, und auch andere Beobachter wollen eine Art dunklen Gürtels bemerkt haben, der den Planeten umspannte und als Wolkenbank gedeutet wurde. Die Spektralanalyse hat das Vorhandensein einer Merkuratmosphäre nachgewiesen, und auch der Lichthof, den der Merkur zeigt, wenn er dicht bei der Sonnenscheibe steht, wird dahin gedeutet, daß dieser Planet eine unserer Erdatmosphäre ähnliche Lufthülle besitze, durch die die Sonnenstrahlen an seinem Rande gebeugt werden. Gleich unserem Monde wendet der Merkur seinem Centralkörper (der Sonne) immer die gleiche Seite zu und vollzieht während seines Umlaufes um dieselbe nur eine einz'ge Umdrehung um seine eigene Achse. Man hat daher den Merkur als einen echten „Mond der Sonne“ bezeichnet, und es ist ja auch einleuchtend, daß die Wirkung der Anziehungskraft der Sonne auf diesen kleinen und ihr so nahestehenden Planeten derjenigen, die die Erde auf ihren Mond ausübt, so ziemlich analog sein muß. Ist auch die Entfernung des Merkur von der Sonne mehr als 1000mal größer als diejenige des Mondes von der Erde, so darf man doch nicht vergessen, daß die Anziehungskraft der Sonne, die hier auf einen in seiner Größe nur wenig den Mond übertreffenden Körper zu wirken hat (der Durchmesser des Merkur beträgt 4800, derjenige des Mondes 3480 km), ihrer Masse entsprechend, die der Erde in sehr hohem Maße übertrifft.

Wenn der Merkur an der Sonnenscheibe vorüberzieht, was in unserem Jahrhundert nur 13mal, und zwar in den Jahren 1802, 1815, 1822, 1832, 1834, 1845, 1848, 1862, 1868, 1878, 1881, 1891 und 1894, vorgekommen ist und das nächste Mal erst wieder am 4. November 1901 vorkommen wird, so erblickt man ihn als dunkle, kreisförmige Scheibe. Eine Abplattung an den Polen des Merkur, wie unsere Erde sie zeigt, ist bisher nicht nachgewiesen worden.

Venus, Erde und Mars, die auf den Merkur in der Reihe folgenden Planeten, werden wir in besonderen Kapiteln betrachten, ebenso die Asteroiden. Wir gehen daher jetzt zum Jupiter, dem größten der Planeten des Sonnensystems, über.

Der Jupiter glänzt in hellgelbem Licht als hellster Stern an unserem Nachthimmel. Wenn ihn die Venus auch auch an Lichtstärke übertrifft, so ist diese doch nur am Abend

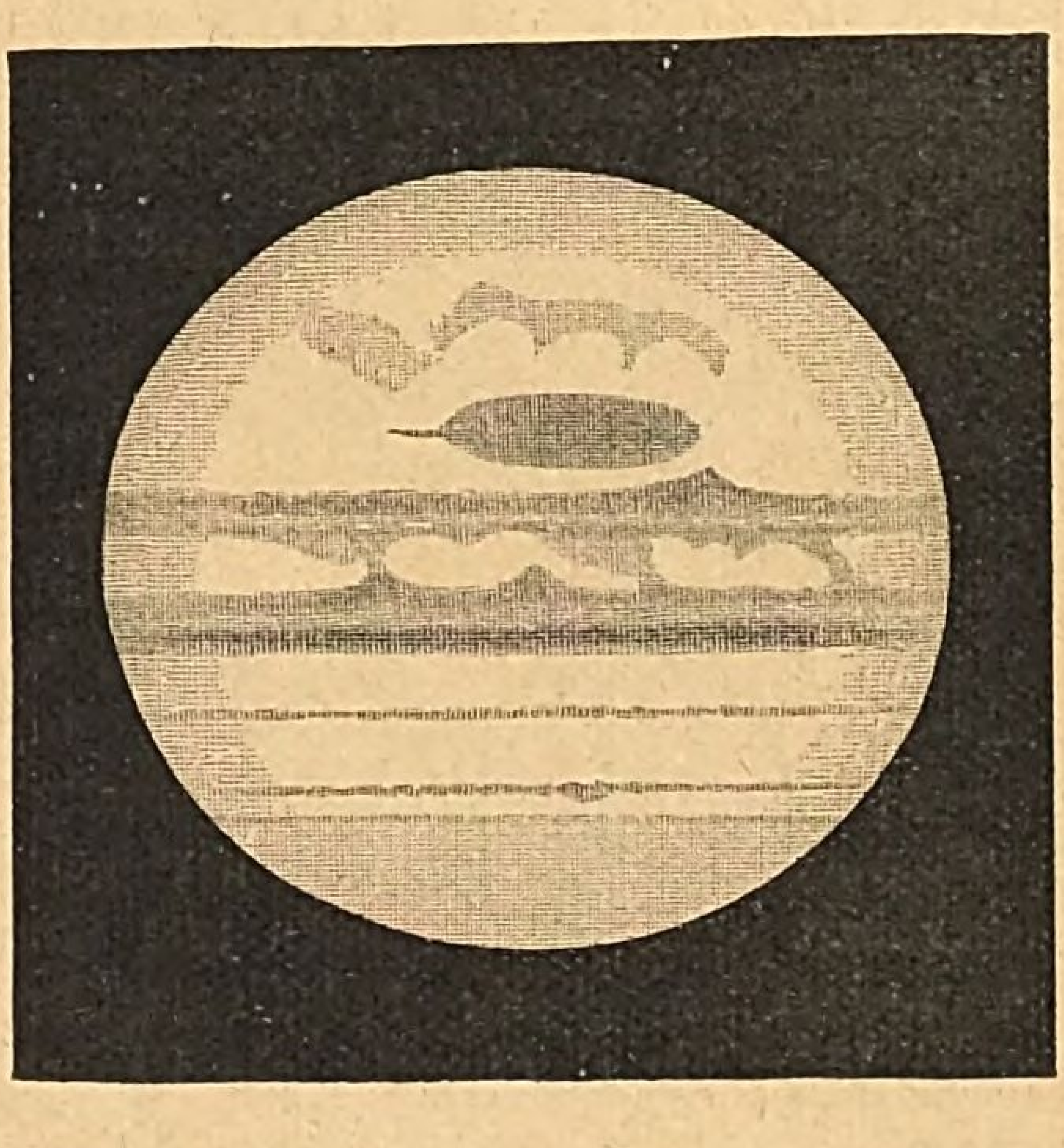
und Morgen, der Jupiter dagegen während der ganzen Nacht in hellgelbem Licht strahlend zu sehen. Seine Masse beträgt ungefähr das Zweieinhalbfache von derjenigen aller übrigen Planeten zusammengenommen, seine Dichtigkeit beträgt aber nicht ganz ein Viertel derjenigen der Erde. Infolge seiner außerordentlich schnellen Rotation um die eigene Achse, die sich in 9 Stunden 55 Minuten und 34 Sekunden vollzieht, ist der Jupiter an seinen beiden Polen sehr stark abgeplattet. Infolgedessen ist die Schwerkraft am Aequator von derjenigen an den Polen dieses Planeten so verschieden, daß hier ein Körper von 6 kg Schwere am Aequator nur 5 kg wiegen würde. Die Schiefe der Ekliptik des Jupiter beträgt nur drei Grad; daher ist auch der Unterschied der Jahres- und Tageszeiten ein viel geringerer als auf der Erde, wo die Neigung des Aequators gegen die Ebene der Erdbahn 23$^1/_2$ Grad beträgt. Jede Jahreszeit auf diesem Planeten hat die Dauer von drei Erdenjahren, die Polarnächte diejenige von sechs Erdenjahren, wogegen an denjenigen Orten, wo die Sonne täglich auf- und untergeht, der Tag wegen der viel rascheren Rotation des Jupiter nur fünf unserer Stunden zählt. Da der Jupiter mehr als fünffach so weit von der Sonne entfernt ist als die Erde, so kann die erleuchtende und erwärmende Kraft der Sonne — abgesehen von den atmosphärischen Verhältnissen des Jupiter — nur $^1/_{27}$ derjenigen der Erde betragen. Die Helligkeit dieses Planeten könnte daher für den irdischen Beobachter nicht das Maß erreichen, das sie wirklich besitzt, wenn es bloß das zurückgeworfene Licht der Sonne wäre, in welchem der Jupiter erstrahlt. Man muß also annehmen, daß ein Teil dieses Lichtes dem Planeten selbst entströmt, daß er also noch nicht von einer völlig erkalteten und erstarrten Hülle umgeben ist. Zu erwähnen ist hierbei, daß die Helligkeit des Jupiter nur innerhalb enger Grenzen schwankt, und daß eine Abnahme derselben infolge von Lichtphasen, wie sie z. B. Merkur und Venus zeigen, vollständig unmerklich ist. Die Oberfläche des Jupiter zeigt keine festen Gestaltungen, sondern ändert ihr Aussehen fortwährend, und zwar innerhalb kurzer Zeiträume in recht erheblichem Maße. Bis in die neueste Zeit hat man als Hauptmerkmal des Aussehens der Jupiterscheibe einen Wechsel von hellen und dunklen Streifen bezeichnet, die ungefähr in der Richtung des Aequators quer über dessen Oberfläche ziehen. Die stärkeren Fernrohre der neueren Zeit haben aber gezeigt, daß diese Streifen sich aus einer größeren Zahl mannigfaltiger Formen zusammensetzen, die in der Hauptsache das Aussehen von Schichtwolken haben; auch haufenwolkenähnliche Gebilde sind neuerdings vielfach wahrgenommen worden, und oft wechselt das Aussehen des Planeten so rasch, daß es kaum in zwei aufeinanderfolgenden Nächten sich ähnlich bleibt, ja schon nach wenigen Stunden beträchtlich verändert erscheint. Allerdings kommt bei diesen Veränderungen auch die rasche Rotation in Betracht, die die verschiedenen Teile seiner Oberfläche in schnellem Wechsel am Auge des Beobachters vorüberführt. Unsere beiden Abbildungen zeigen das Bild des Jupiter zu zwei weit auseinander gelegenen Zeitpunkten. Auch die Farbe der Wolkenzüge ist beträchtlichen Veränderungen unterworfen; sie erscheint in den äquatorialen Gegenden häufig fast rosig, und seit 1878 hat man in der südlichen Halbkugel einen länglich ovalen, hellumränderten, auffallend stark rot gefärbten Fleck beobachtet, der allmählichen Ver-



Jupiter, am 8. Mai 1875
in Berlin beobachtet.

änderungen unterworfen war. Unsere Abbildung nach einer am 31. August 1880 zu Berlin vorgenommenen Beobachtung läßt diesen Fleck deutlich hervortreten. Mitunter werden auch Flecke von größerer Beständigkeit bemerkt, die man als Mittel zu annähernder Bestimmung der Umdrehungsdauer des Jupiter zu benützen versucht hat. Diese Flecke sind in der Regel dunkel, doch kommen vereinzelt auch helle, runde, kleine Flecke vor, die Satelliten ähneln.

Man muß aus der Veränderlichkeit der auf der Jupiterscheibe erscheinenden Formbildungen den Schluß ziehen, daß wir überhaupt nicht den Körper dieses Planeten, sondern nur eine Dampf- oder wolkenähnliche Hülle sehen, die denselben umgiebt. Wahrscheinlich ist diese Hülle von einer sehr mächtigen und dichten Atmosphäre gebildet, die sowohl das Sonnenlicht als auch dasjenige, das der Planet selbst ausstrahlt, nur im beschränkten Maße durchdringen läßt. Hätten wir uns also den Jupiter als einen bereits erkalteten und erstarrten Himmelskörper vorzustellen, so würde seine feste Oberfläche nur sehr wenig Licht von der Sonne empfangen; da aber das unverhältnismäßig starke Licht dieses Planeten fast sicher annehmen läßt, daß dasselbe wenigstens zum Teil seiner eigenen Leuchtkraft entspringt, so erscheint die Annahme wahrscheinlicher, daß der Jupiter bezüglich seiner physischen Beschaffenheit weit eher der Sonne ähnlich ist als einem abgekühlten Körper, wie es z. B. die Erde ist. In diesem Falle hätten wir uns vorzustellen, daß die Leuchtkraft des Jupiterkörpers diejenige weit übertrifft, die die Sonne auf denselben wirken läßt, daß aber die dichte und mächtige Atmosphäre nur einen kleinen Teil dieser Leuchtkraft durchdringen und zu uns gelangen läßt, wogegen die Beleuchtung der äußeren atmosphärischen Schicht durch das Sonnenlicht dem Planeten jenen gleichmäßigen Glanz verleiht, in welchem wir ihn erstrahlen sehen. Mittels der Spektralanalyse hat bis jetzt von der wahren Natur der Jupiteratmosphäre nur soviel erkannt werden können, daß dieselbe in ihren obersten Schichten Wasserdampf enthält und daß die rot gefärbten Streifen in der Aequatorialzone des Jupiter im Spektroskop eine beträchtlich stärkere Absorption im Blau und Violett des Spektrums zeigen, woraus geschlossen werden kann, daß an diesen Teilen der Jupiteroberfläche tiefer liegende Schichten sichtbar werden, bei denen das Licht einen größeren Weg hinab und hinauf zurückzulegen hat. Am 27. September 1879 wurde eine Spektralphotographie des Jupiter von H. Draper aufgenommen, die sich ihrer Beschaffenheit nach dahin erklären läßt, daß zur Zeit der Aufnahme in der Aequatorialgegend des Jupiter Licht ausstrahlte, welches von einem glühenden Körper herrührte. Vielleicht bestätigen spätere Aufnahmen diese Auffassung.



Jupiter, am 31. August 1880
in Berlin beobachtet.

Das Gesamtbild, das wir uns nach dem oben Gesagten vom Jupiter konstruieren können, würde uns diesen als einen Himmelskörper erscheinen lassen, dessen der Erstarrung entgegengehender innerer Teil sich noch im Stadium der Rotglut befindet, während der ihn umhüllende äußere Teil von einer sehr mächtigen Atmosphäre gebildet wird, die sich als ein ungeheurer Dampfmantel darstellt. Sobald die Abkühlung weiter vorgeschritten und der feuerflüssige Kern sich mit einer der dünnen elastischen Haut eines erkalteten Lavastromes ähnlichen Rinde überzogen haben wird, wird der in der Atmosphäre schwebende Wasserdampf beginnen, sich auf diese Oberfläche niederzuschlagen, und mit fortschreitender Abkühlung werden die Niederschläge immer reichlicher werden und auf dem festen Körper

dauernd liegen bleiben. Die Atmosphäre wird infolge ihrer Entlastung von diesen Wassermassen dünner und durchsichtiger werden; sie wird das Sonnenlicht bis an die erstarrte Oberfläche des Planeten durchdringen lassen, und der Jupiter wird dann für die Entwickelung des organischen Lebens fähig geworden sein.

In einem beträchtlich weiter vorgerückten Entwickelungsstadium befinden sich aller Wahrscheinlichkeit nach die fünf Monde des Jupiter, von denen vier bald nach der Erfindung des Fernrohres durch Galilei, der fünfte, innerste, aber erst 1892 mit dem Refraktor der Lick-Sternwarte entdeckt worden ist. Die fünf Jupitermonde drehen sich mit ihrem Centralkörper um die Sonne und in kreisförmigen Bahnen um diesen selbst in derselben Richtung, in der sich die übrigen Planeten um die Sonne bewegen. Da ihre Bahn nur sehr wenig gegen die Ebene des Jupiteräquators geneigt und ihre Umlaufszeit eine sehr kurze ist (der innerste Mond hat eine solche von $^1/_2$, der zweite von $1^3/_4$, der dritte von $3^1/_2$, der vierte von $7^1/_6$ und der fünfte von $13^2/_3$ Tagen), so treten Sonnenfinsternisse auf dem Jupiter fast täglich ein, und auch die Monde werden fast bei jedem ihrer Umläufe vom Jupiter verfinstert. Bei solchen Sonnenfinsternissen auf dem Jupiter sieht man von der Erde aus die Schatten der dieselben verursachenden Monde in Gestalt runder dunkler Scheibchen über die Fläche des Planeten hinziehen, während die Monde selbst, wenn sie vor die Scheibe des Jupiter treten, wobei sie uns ihre von der Sonne beleuchtete Hälfte zeigen, als helle leuchtende Flecke von der matteren Jupiterscheibe sich abheben. Die Jupitermonde sind — vom innersten derselben abgesehen, dessen Größe sich zur Zeit noch jeder Schätzung entzieht — größer als unser Erdenmond; der dritte derselben (vom Jupiter ab gerechnet) ist der größte und hat einen Durchmesser von ungefähr 750 Meilen, übertrifft also an Größe den Merkur um mehr als $^1/_6$. Auch die Jupitermonde scheinen ihrem Planeten stets dieselbe Seite zuzuwenden, so daß von denselben aus die ungeheure Lichtkugel ihres Centralkörpers stets unverändert im Zenith gesehen wird, und zwar in einer Größe, die diejenige, in welcher wir die Sonne erblicken, um etwa das 78—1600fache der Flächenausdehnung übertrifft, wogegen die Sonne von solch einem Jupitermond etwa 27 mal kleiner gesehen wird als bei uns. Da die Jupitermonde anscheinend Atmosphäre besitzen und namentlich der größte von ihnen bei seinem Vorübergang vor der hellen Fläche des Centralkörpers Spuren von Flecken und Verdunkelungen erkennen läßt, die ebensowohl als Länder und Meere, wie als Wolkenbildungen angesehen werden können, so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß hier organisches Leben vorhanden ist, zumal da in der außerordentlichen großen und wenigstens für die eine Hälfte des Mondes nie versiegenden Lichtquelle, die der Centralkörper bietet, jedenfalls ein ausreichendes Lebenselement geboten ist. Die nebenstehende Abbildung zeigt das Phantasiebild einer solchen Jupitermondlandschaft.

Eine interessante Phase kosmischer Entwickelung zeigt uns der Saturn. Die Hypothese von Laplace sieht, wie wir bereits wissen, als Folge beschleunigter Umdrehungsgeschwindigkeit der Himmelskörper ein Hindrängen der Masse derselben gegen den Aequator vor, wo schließlich die Absonderung eines Teiles dieser Masse in Ringform stattfindet. Der belgische Physiker Plateau (1801—1883) bewies durch den Versuch die Richtigkeit dieser Voraussetzung. Er füllte ein Gefäß mit einer Mischung von Wasser und Alkohol, in der diese beiden Flüssigkeiten in solchem Verhältnis vertreten waren, daß die Mischung das specifische Gewicht des Oeles erhielt. Eine in das Gefäß gebrachte Vorrichtung, in der Hauptsache aus einer drehbaren Achse und einer daran befestigten Scheibe bestehend, vervollständigte den Versuchsapparat. Wurde in die Mischung eine Quantität Oel getröpfelt, so formte sich diese — einfach infolge der gegenseitigen Anziehung der Oelmoleküle und der Abneigung des Oeles, sich mit der wässerigen Flüssigkeit zu verbinden — zur Kugel. In gleicher Weise können wir uns die Bildung eines kugelförmigen kosmischen Körpers infolge der gegenseitigen Anziehung seiner Teilchen vorstellen, indem wir uns die kosmische Masse an Stelle des Oeles, und das Medium — den sogen. Weltäther — in welchem der Himmelskörper frei schwebt, durch die aus Wasser und Alkohol gemischte

Flüssigkeit ersetzt denk'n. Plateau führte nun die vorhin erwähnte Achse derart in die Oelkugel ein, daß die daran befestigte Platte in den mittleren Durchschnitt derselben zu liegen kam, und setzte darauf die Achse in Bewegung. Durch die Umdrehung derselben und namentlich der Platte, die der Oelmasse ausgedehnten Anhalt bot, wurde auch die Kugel in Rotation versetzt, und bei beschleunigter Umdrehung plattete sich dieselbe an ihren Polen ab und wandelte sich in ein Rotations-Sphäroid um, das sich bei fortwährend beschleunigter Umdrehung mehr und mehr ausgestaltete und schließlich am größten Umfange — dem Aequator — der Oelkugel eine ringförmige Abtrennung bildete. Dieser lose Ring verdickte sich bei der geringsten Störung an einer Stelle, zerriß und umkreiste, in einen kugelförmigen Tropfen sich umwandelnd, die Hauptmasse in der früheren Bahn des Ringes.

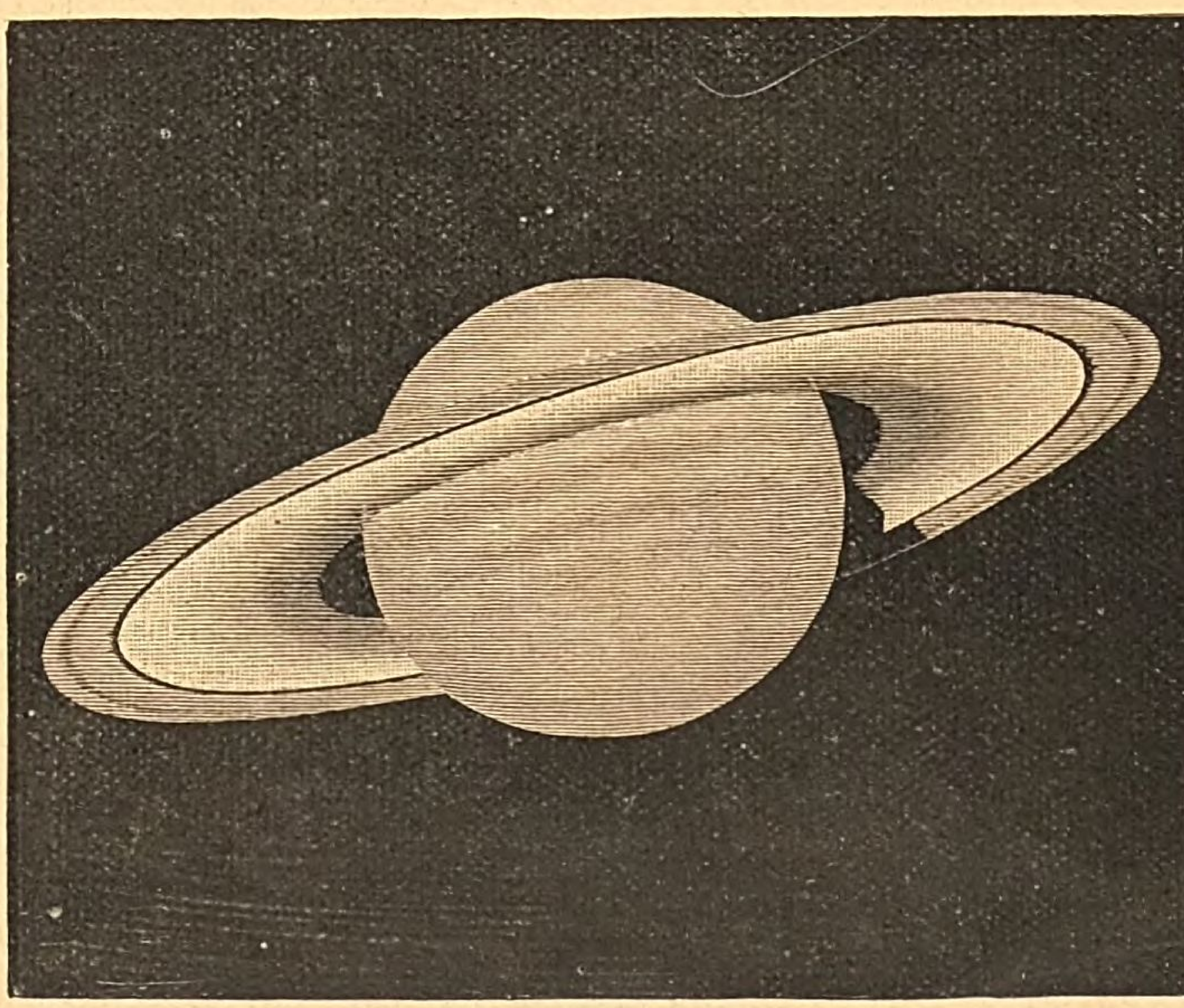
War dieser Versuch Plateaus die augenfällige Bekräftigung der Laplaceschen Hypothese im Kleinen, so ist der Saturnring die Bestätigung derselben im Großen. Er zeigt uns



Jupiter
von einem seiner Monde aus gesehen.

ein Entwickelungsstadium, das hinter demjenigen des Jupiter zurücksteht, denn bei diesem ist es bereits zur Zerreißung des Ringes und zur Bildung von Einzelkörpern aus der Masse desselben gekommen, die sich uns in den fünf Monden dieses Planeten darstellen. Allerdings sollte der Saturn als der früher entstandene, also ältere Planet, eine höhere Entwickelungsstufe erreicht haben als sein jüngerer Nachbarplanet, und man kann in dem Umstande, daß dies nicht der Fall ist, eben so gut einen Widerspruch gegen die Laplacesche Hypothese erblicken, wie man die Ringbildung des Saturn als eine Bestätigung derselben ansehen kann. Doch bedarf es keineswegs gewaltsamer Argumente, um jenen Widerspruch auf seinen richtigen Wert zurückzuführen. Es darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Wirkung der Anziehungskraft innerhalb der einzelnen Teilchen einer Masse je nach der Natur und Beschaffenheit dieser letzteren eine sehr verschiedene sein kann. Da aber andererseits anzunehmen ist, daß im Verlaufe der Entwickelung der Sonnenmasse innerhalb derselben

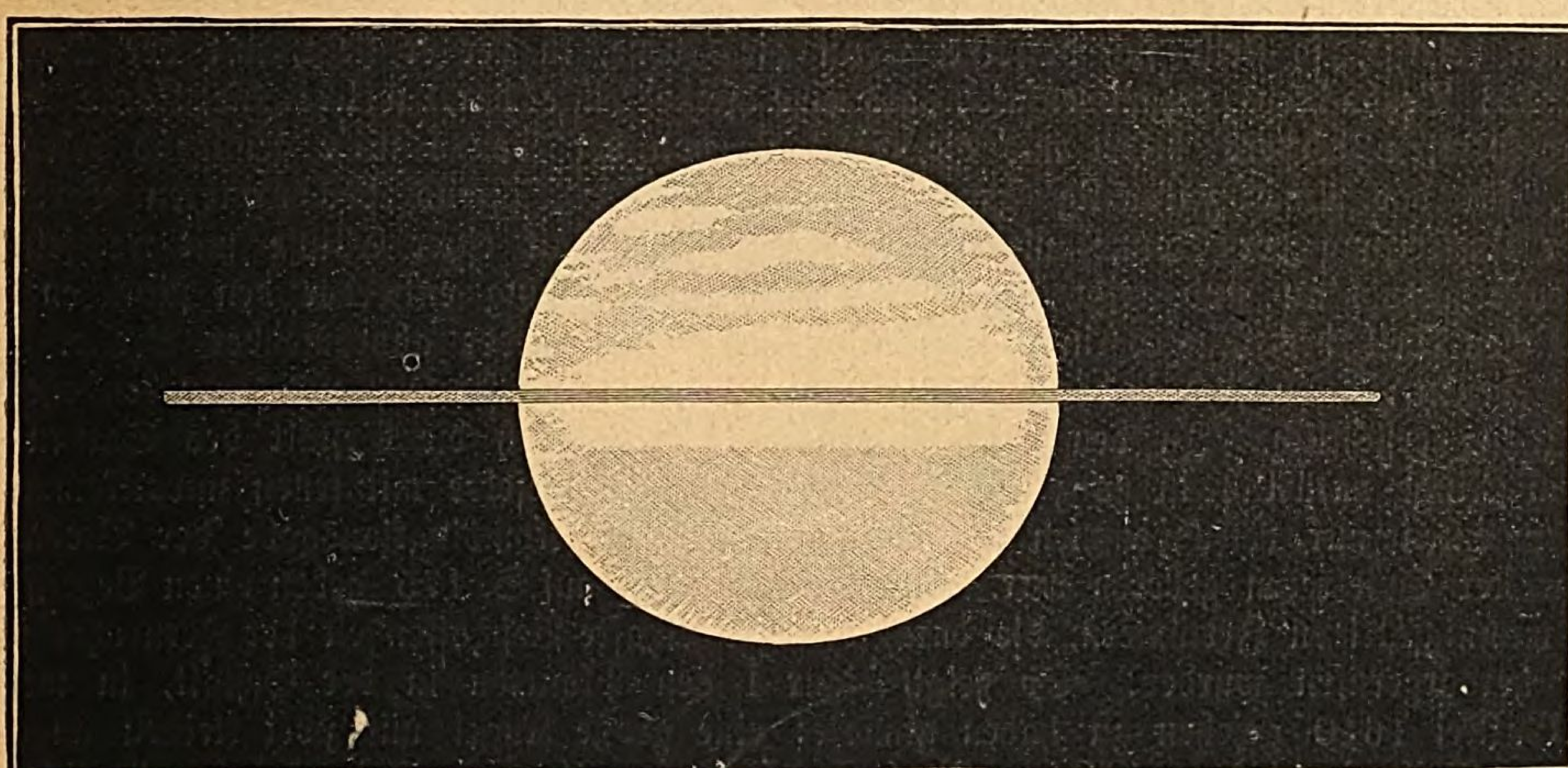
allmählich Verbindungen sich vollzogen haben, die in einem früheren Entwickelungsstadium noch nicht vorhanden waren, so darf man auch wohl voraussetzen, daß zur Zeit der ältesten Planetenbildung die Zusammensetzung desjenigen Teiles der Sonnenmasse, die daran beteiligt war, eine andere war, als am Zeitpunkte der nächsten Planetenbildungen und der folgenden. Zum Teil mag der Unterschied seine Ursache in der fortwährenden Verdichtung der Sonnenmasse haben, anderenteils können aber auch — und zwar vielleicht noch in weit größerem Maße — andere Ursachen dabei mitgewirkt haben. Aus der Beobachtung der Sonne wissen wir, daß die Aequatorialzone dieses Himmelskörpers der Schauplatz der heftigsten Bewegungen der Materie ist und daß diese Bewegung in gewissen Perioden zu- und wieder abnimmt. Da nun die Abtrennung der ringbildenden Masse am Aequator erfolgt, so ist es wohl denkbar, daß die Beschaffenheit dieser Masse abhängig ist von dem jeweiligen Bewegungszustande, in welchem sich dieselbe zur Zeit der Abtrennung befindet, und darin ließe sich dann auch die Erklärung für die Ungleichmäßigkeit der Planetenmasse und den ungleichen Entwickelungsgang derselben finden.



Saturn
im September 1875 in Washington beobachtet.

Abgesehen von der außerordentlich starken Neigung der Saturnmasse zur Ringbildung, die sich nicht allein in dem noch bestehenden Ringsystem, sondern auch in den neun Monden dieses Planeten kundgiebt, zeigt der Saturn große Aehnlichkeit mit seinem jüngeren Bruder, dem Jupiter. Die geringe Dichtigkeit des Saturn, die beinahe nur die Hälfte derjenigen des Jupiter beträgt, berechtigt zu der Annahme, daß auch die Atmosphäre dieses Himmelskörpers von bedeutender Mächtigkeit sein und einen verhältnismäßig nur kleinen festen Kern umhüllen muß. Im Uebrigen zeigt die Saturnkugel, wie Klein in seiner „Wissenschaftlichen Anleitung zur Durchmusterung des Himmels“ schreibt, mehrere sowohl unter einander, als dem Aequator parallele Streifen, die jedoch schwieriger wahrzunehmen sind als die des Jupiter; auch lassen sie sich fast bis an den Rand der Scheibe verfolgen. Mit starken Instrumenten betrachtet, zeigen sich diese grauen Streifen, deren Anzahl veränderlich ist, ähnlich dem Cirrus-Gewölke unserer Atmosphäre. Die deutlichste Streifung zeigt sich in der Nähe des Saturnäquators, und mit schwächeren Instrumenten ist bloß dieser Streifen sichtbar. Zu gewissen Zeiten kann man die übrigen Streifen selbst in den mächtigsten Teleskopen kaum wahrnehmen. Schon Cassini erkannte mittels seiner unvollkommenen Fernrohre verschiedene Streifen auf dem Saturn, und Herschel sah 1780 deren zwei, die dem Ringe durchaus parallel liefen und je nach der Stellung des Saturn aufwärts oder abwärts gebogen erschienen, so daß die Kugelgestalt des Planeten deutlich ins Auge fiel. In diesen Streifen erkannte Herschel einen dunklen Fleck, der seine Lage veränderte, woraus der große Beobachter folgerte, daß sich der Saturn in gleicher Richtung wie Jupiter um

seine Achse drehe. Im November 1793 sah Herschel mit siebenfüßigem Reflektor bei 287maliger Vergrößerung auf der Saturnscheibe drei dunkle und zwei von ihnen umschlossene, schmale, helle Streifen, oder auch einen breiten, dunklen Streifen mit zwei hellen Parallelzonen darin. Die Farbe des dunklen Streifens war gelblich, der Raum zwischen ihm und dem Südpol des Planeten hatte eine blasse, weißliche Farbe und war weniger hell als der weiße Aequatorialstreif und viel weniger hell als der Ring. Im Allgemeinen waren diese Streifen außerordentlich unveränderlich, nur zuweilen zeigten sich kleine Abweichungen in Farbe oder Deutlichkeit, aus deren periodischer Wiederkehr Herschel auf eine Umdrehung der Saturnkugel von 10 Stunden 16 Minuten schloß. Schröter beobachtete die Saturnstreifen mit seinem dreizehnfüßigen Reflektor 1796. Damals zeigte die Scheibe einen doppelten Aequatorialgürtel mit einer schmalen hellen Zone. Schröter glaubte jedoch aus der bald größeren, bald geringeren Deutlichkeit des Streifens ohne andere kennbare Abzeichen die Rotation der Kugel nicht beurteilen zu dürfen. Einzelne dunklere, verwaschen kennbare Stellen kommen, wie er schreibt, selten vor, sind vergänglich atmosphärisch und dauern nicht



Saturn mit Ringkante.

lange. Im Jahre 1821 sah Kunowsky mit seinem Fraunhoferschen Fernrohre von 4 1/3 Zoll Oeffnung zwei zonenartige Streifen auf der Scheibe des Saturn. Der südliche erschien stark begrenzt ohne sichtbare Unregelmäßigkeiten und bei starker Vergrößerung deutlich doppelt, und zwar durch einen sehr feinen hellen Zwischenraum getrennt. Der nördliche Streifen war größtenteils vom Ringe bedeckt, zeigte aber eine deutliche, bräunliche Färbung. In den Jahren 1834 und 1835 fanden Beer und Mädler mit einem Fernrohr von 44 Linien Oeffnung stets nur einen grauen Streifen. Derselbe war so deutlich, daß er selbst in der hellen Morgendämmerung leicht gesehen werden konnte. Er erschien scharf begrenzt und ließ sich bis hart an den Rand verfolgen, aber alle Bemühungen der beiden Beobachter, Ungleichheiten oder Veränderungen in diesem Streifen wahrzunehmen, schlugen fehl. Die Wahrnehmung bestimmter dunkler Flecke, ähnlich denjenigen des Jupiter, gelingt beim Saturn nur selten; vielleicht kommen sie überhaupt nicht vor. Dagegen hat man bisweilen helle Punkte auf seiner Scheibe gesehen. In der Nacht des 7. Dezember 1876 sah Professor Hall in Washington mit dem 26zölligen Clarkschen Refraktor einen solchen hellen Fleck von 2″ bis 3″ Durchmesser rund und scharf. Derselbe zeigte eine rasche Bewegung im Sinne der Rotation. Am folgenden Tage wurden mehrere amerikanische Sternwarten benachrichtigt und zur Beobachtung des Fleckes aufgefordert. In der That fand man ihn

an vier verschiedenen Beobachtungsorten, und er konnte bis zum 2. Januar 1877 verfolgt werden. Es ergab sich als Rotationsdauer eine Periode von 10 Stunden 14 Min. 13,8 Sek., also sehr nahe übereinstimmend mit dem mehr als 18 Jahre früher von Herschel gefundene Werte. Dieser große Beobachter glaubte auch Aenderungen in der Helligkeit der Polarregion des Saturn zu erkennen, die auf klimatische Variation (Veränderung) hindeuten würden, doch machte er selbst darauf aufmerksam, daß die Beobachtungen länger fortgesetzt werden müßten, um zu bestimmten Schlüssen zu führen.

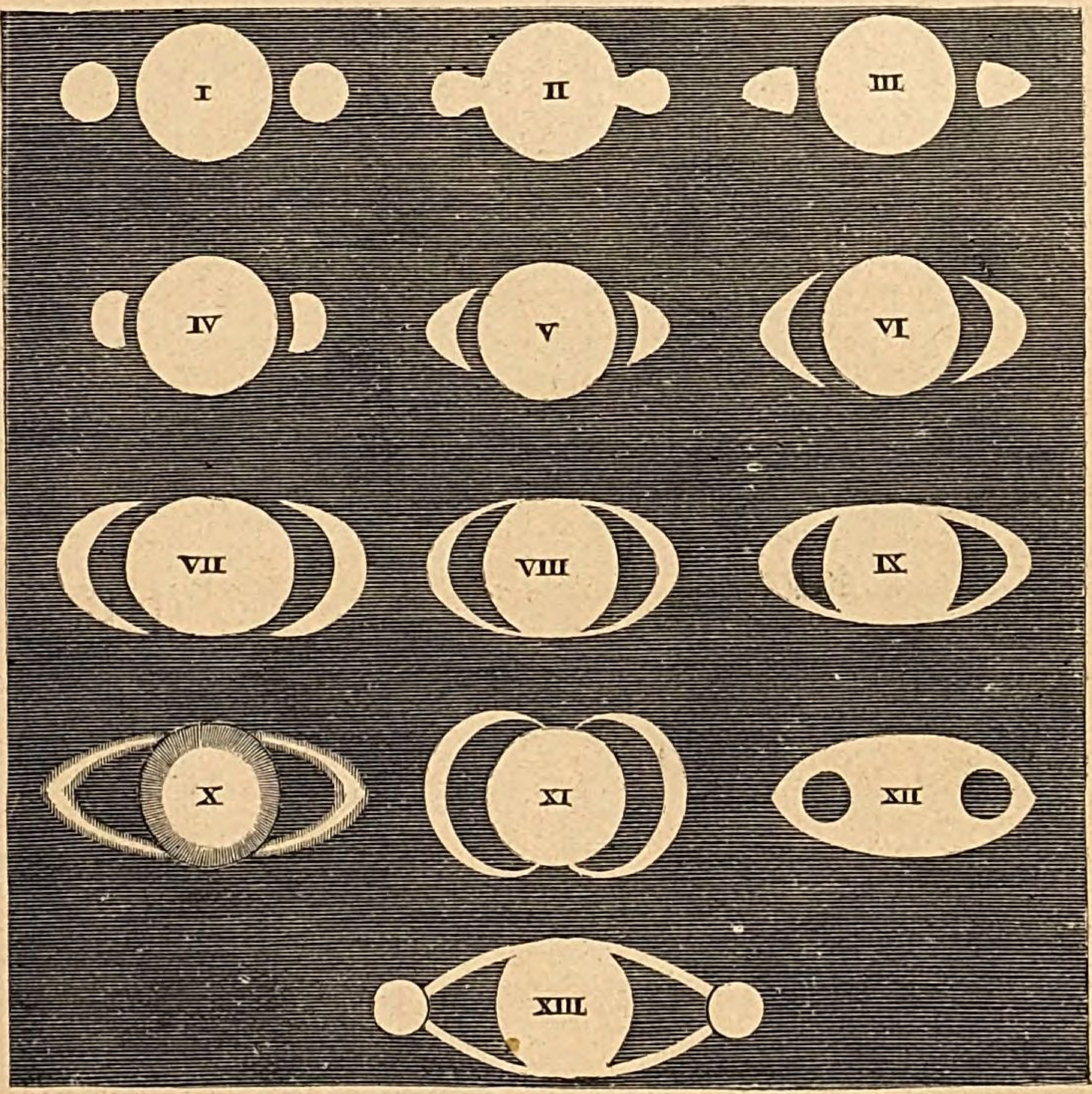
Auch Stanley Williams hat 1891 die verhältnismäßig dauerhaften Flecken in der Aequatorialzone des Saturn beobachtet und aus ihrer periodischen Wiederkehr eine Rotationsdauer dieses Planeten von 10 Stunden und 15 Minuten herausgerechnet. Das Spektrum des Saturn ist demjenigen des Jupiter durchaus ähnlich, sein Licht jedoch verhältnismäßig schwächer. Trotzdem kann auch mit Rücksicht auf die beträchtlich größere Entfernung dieses Planeten angenommen werden, daß er noch eine selbständige Leuchtkraft besitzt und das niedrige Entwickelungsstadium, in welchem er sich augenscheinlich befindet, nötigt fast noch mehr zur Annahme einer solchen selbständigen Leuchtkraft, als die Umstände, aus denen man auf eine solche beim Jupiter schließen zu müssen glaubt. Was nun den Ring des Saturn betrifft, so stellt sich derselbe, wenn die Ebene, in der er liegt, mit der Gesichtslinie des Beobachters zusammenfällt, als eine feine Linie dar, welche die Kante dieses plattgeformten Körpers bildet und die, falls sie von der Sonne nicht genügend beleuchtet wird, für das Auge zeitweilig ganz unsichtbar wird. Während des weiteren Verlaufes seiner Umkreisung der Sonne nimmt der Ring die Gestalt einer Ellipse mit wechselndem Achsenverhältnis an und zeigt dabei je nach seiner Stellung entweder den südlichen oder nördlichen Teil des Ringes in zunehmender und dann wieder abnehmender Breite. Die verschiedenen Phasen sind in der Reihenfolge, in welcher sie auftreten, aus der nebenstehenden Abbildung ersichtlich. In den ältesten Teleskopen stellte sich die Gestalt des Saturn mit seinem Ringe natürlich in ganz anderer Weise dar, da dieselbe mit jenen unvollkommenen Instrumenten nur verschwommen zu sehen war und der Kombinationsgabe der Beobachter ein weiter Spielraum geboten war. Die Darstellungen auf S. 175 geben einen Begriff von den mannigfaltigen Irrtümern, die durch die mangelhafte Beschaffenheit der Fernrohre jener Zeit hervorgerufen wurden. So zeigt Figur I den Planeten in der Gestalt, in welcher ihn Galilei 1610 gesehen zu haben glaubte: eine große Kugel mit zwei kleinen an jeder Seite. Nach ein- bis zweijähriger Beobachtung waren aber die Seitenkugeln gänzlich verschwunden, und Saturn glich jetzt in seiner Scheibenform den übrigen Planeten. Schon 1614 sah Scheiner die Anhängsel zu beiden Seiten des Hauptkörpers wieder, sie schienen ihm aber mit diesem verbunden zu sein und wie Ohren zu beiden Seiten abzustehen (Figur II). Riccioli sah 1640 und 1643 anstatt der Kugeln Galileis mondartige Gestalten zu beiden Seiten des Saturn (Figur III). Die Beobachtungen von Hevelius (Figur IV—VII), die 1646 ihren Abschluß fanden, deuten schon auf die Veränderungen hin, die durch die verschiedene Stellung der Ringe gegen die Gesichtslinie verursacht werden, und Riccioli beobachtete 1647



Saturnphasen.

und 1650 die Ringe zu einer Zeit, in welcher sie am weitesten geöffnet erschienen und daher bereits als ein geschlossenes Ganzes sich darstellten (Figur VIII und IX); die folgenden Figuren X—XIII zeigen verschiedene Ansichten, wie sie in den Jahren 1644—1648 von verschiedenen Beobachtern gesehen und im Bilde festgehalten wurden. Betrachtet man diese Figuren aus einer gewissen Entfernung, in welcher die Umrisse der einzelnen Teile in ein-

ander verschwimmen, so erkennt man, daß die Beobachter zum größten Teile der wirklichen im Fernrohre zur Erscheinung kommenden Gestalt des Planeten mit seinen Ringen sehr nahe gekommen sind, von der wahren Natur desselben aber trotzdem nicht die entfernteste Ahnung hatten. Erst Huygens kam dem Rätsel auf die Spur; im Frühling 1655 sah er bei einer Untersuchung des Saturn anstatt der ohren- oder henkelartigen Ansätze, in deren Form sich seinen Vorgängern der Ring des Planeten dargestellt hatte, wegweiserartig hervorragende Arme zu beiden Seiten der Saturnkugel, die im nächsten Frühjahr wieder verschwunden waren, im Herbst desselben Jahres (1656) dagegen wieder aufs neue erschienen, eine Erscheinung, aus der der scharfsinnige Mathematiker sofo auf die wirkliche Natur des Saturnringes schloß. Doch wagte er sich mit seiner Ansicht noch nicht an die Oeffentlichkeit, sondern teilte dieselbe nur unter dem Schleier eines Anagrammes mit, das er, ohne eine weitere Erklärung hinzuzufügen, an den Schluß einer kleinen Schrift über den ersten Saturnmond setzte, und das aus den alphabetisch angeordneten Buchstaben eines lateinischen Satzes bestand, in welchem er die Meinung aussprach daß der Saturn von einem dünnen, flachen, gegen die Ekliptik geneigten und mit dem Hauptkörper nirgend zusammenhängenden Ringe umgürtet sei. Diese Ansicht hat sich denn auch durch die spätere Untersuchung mit den vervollkommneten Fernrohren durchaus bestätigt.



Darstellungen des Saturn
aus dem 17. Jahrhundert.

Schon im Jahre 1665 erkannte der Engländer Ball, der die Astronomie nur aus Liebhaberei betrieb, daß der Saturnring von einer scharfen, dunklen Linie durchzogen sei, und einige Jahre später hatte man bereits die Ueberzeugung gewonnen, daß es sich um eine förmliche Zweiteilung des Ringes in seinem ganzen Umfange handele. Heutzutage kann man schon im mäßigen Fernrohr bei ruhiger Luft diese Teilung an den äußeren Enden des Ringes wahrnehmen und mit sehr starkem Fernrohre läßt sich dieselbe unter besonders günstigen Verhältnissen längs der ganzen sichtbaren Ringseite verfolgen. Mehrere Beobachter wollen sogar noch andere Teilungen, namentlich im äußeren Ringe, erkannt haben; es kann sich dabei aber auch nur um Beobachtungsfehler oder um gelegentliche Trennungen in der Ringmasse handeln, die aus unbekannten Ursachen entstehen und wieder vergehen. Diese Erscheinung würde zu Gunsten der von verschiedenen Beobachtern vertretenen Meinung sprechen, daß die Masse des Saturnringes überhaupt nur den losen

Zusammenhang einer flüssigen Masse habe, oder daß sie sich aus dicht aneinander gedrängten Einzelkörpern zusammensetze, also gewissermaßen einen Ring von Meteoriten bilde, der den Planeten umkreise.

Inmitten des Innern der beiden Saturnringe hat Galle in Berlin 1838 noch einen dritten verhältnismäßig dunklen Ring beobachtet, dessen Vorhandensein 1850 von Bond in Nord-Amerika und Dawes in England genauer festgestellt wurde und heute völlig unzweifelhaft ist. Doch scheint eine scharfe Grenzlinie zwischen diesem und dem inneren der beiden helleren Ringe nicht zu bestehen, und im großen Washingtoner Refraktor stellte er sich 1874 dem Auge des Beobachters so dar, als ginge er ganz allmählich in den benachbarten Ring über. Man will auch in diesem dunkleren Ringe eine Teilung bemerkt haben, die auf einen eben so losen Zusammenhang seiner Masse hinweisen würde, wie sie die Masse der beiden äußeren Ringe zu zeigen scheint, und es ist überhaupt nicht unwahrscheinlich, daß dieser dunkle Ring von dem inneren hellen gespeist wird oder überhaupt nur einen bezüglich seiner Dichtigkeit von ihm verschiedenen Bestandteil desselben bildet. Genauere Kenntnis von der Natur der dunkleren Teile des Saturnringes wird man erst erhalten können, wenn dieselben über einen Stern hinweggehen, der hell genug ist, um durch diese dunkelen Stellen hindurch zu leuchten, vorausgesetzt natürlich, daß dieselben überhaupt nicht von Materie erfüllt sind, oder daß die Materie so wenig Dichtigkeit besitzt, daß sie das Licht eines dahinter befindlichen Himmelskörpers durchscheinen läßt. Was den inneren dunklen Ring betrifft, so wäre Aufschluß über seine Natur durch genaue Beobachtungen denkbar, die darauf zu richten wären, ob der Körper des Planeten durch die Masse dieses Ringes hindurch gesehen werden kann oder nicht. Die bisher in dieser Richtung angestellten Beobachtungen lassen — wenn auch nur vermutungsweise — die Annahme zu, daß dieser Ring wenigstens teilweise aus durchsichtiger Masse bestehe, und diese Annahme hat um so mehr Wahrscheinlichkeit für sich, als ja die Masse des ganzen Planeten von außerordentlich geringer Dichtigkeit ist, also sicher selbst in ihren dichtesten Teilen nur aus einer sehr lockeren und leichten Materie besteht. Alles in allem betrachtet, hat zur Zeit wohl die bereits erwähnte, von Dominik Cassini schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts aufgestellte und 1856 von Clerk Maxwell in England erneuerte und genauer begründete Hypothese des meteoritenartigen Charakters des Saturnringes die meiste Wahrscheinlichkeit für sich. Daß wir selbst mit den stärksten Fernrohren die Ringmasse nicht in ihre einzelnen Glieder zerlegen können, daß uns dieselbe vielmehr als eine geschlossene Masse erscheint, kann nicht als Beweis gegen diese Hypothese angesehen werden, denn die Leistungsfähigkeit auch unserer besten Instrumente hat im Vergleich zu kosmischen Raumausdehnungen sehr beschränkte Grenzen, und wir sehen ja beispielsweise auch die Wolken, die über unsern Erdenhimmel hinschweben, als geschlossene Massen, obgleich dieselben doch thatsächlich aus lauter einzelnen winzigen Wassertröpfchen zusammengesetzt sind. Trifft aber jene Hypothese zu, dann lassen sich aus ihr auch die Teilungen der Ringmasse erklären; denn die Bahnen der einzelnen kleinen Körper, aus denen diese sich zusammensetzt, müssen notwendig Störungen durch die Anziehungskraft der Saturnmonde erleiden, die die mannigfaltigsten fortwährend wechselnden Stellungen zu den einzelnen Teilen des Ringes annehmen und so in verschiedenartigster Weise der Anziehungskraft entgegenwirken, die der Centralkörper des Saturn auf die Ringmasse in ihrer Gesamtheit, und die einzelnen Teilchen dieser Masse gegenseitig auf sich selbst ausüben.

In Entfernungen von 3—212 Saturnhalbmessern umkreisen neun Monde diesen Planeten, von denen der erste von Huygens im März 1655, der letzte 1898 von William Pickering, Direktor der Sternwarte des Harvard College in Cambridge in Nordamerika, entdeckt worden ist. Kennzeichnend für die große Verschiedenartigkeit des Gesichtskreises und der Anschauungsweise der Gelehrtenwelt zur Zeit dieser beiden Entdeckungen ist es, daß Huygens, als er den von ihm zuerst gesehenen Saturntrabanten als solchen erkannte, den Schwerpunkt des Interesses dieser Entdeckung in dem Umstande erblickte, daß durch dieselbe eine Vervollständigung des Sonnensystemes im Sinne der harmonischen Aus-

gleichung der Zahl der Trabanten mit derjenigen der Planeten herbeigeführt worden sei. Zur Zeit Huygens betrug nämlich die Zahl der bekannten Planeten sechs (Uranus, Neptun und die Planetoiden waren noch nicht entdeckt), die Zahl der bis dahin bekannten Monde nur fünf (ein Erd- und vier Jupitermonde). Der von Huygens entdeckte Saturnmond war somit der sechste, und das Gewicht, das der große Mathematiker auf die nach seiner Meinung durch seine Entdeckung hergestellte Zahlenharmonie legte, war für ihn so bedeutend, daß er garnicht auf den Gedanken kam, nach weiteren Saturntrabanten zu forschen. Erst Cassini fand 1671 einen zweiten (vom Saturn ab gerechnet den achten in der Reihe seiner Satelliten), 1672 einen dritten (den fünften in der Reihe) und 1684 zwei weitere Saturnmonde (den dritten und vierten in der Reihe). Dann verging mehr als ein Jahrhundert, bis Herschel (1789) die beiden innersten Monde entdeckte, und von da ab mehr als ein halbes Jahrhundert bis zur Auffindung des achten Saturnmondes durch Bond (1848). Nach einem weiteren halben Jahrhundert trat dann die Entdeckung des neunten Saturnmondes durch Pickering ein, und auch diesmal war es die gegenwärtig zu so großer Bedeutung für die Astronomie gelangte Himmelsphotographie, der diese Entdeckung zu verdanken ist. Schon vor mehr als einem Jahrzehnt waren am Harvard-Observatorium Versuche angestellt worden, dieses Hilfsmittels zur Auffindung neuer Satelliten sich zu bedienen; doch war das Teleskop, das damals zu diesen Versuchen zur Verfügung stand, nicht lichtkräftig genug; die photographischen Platten mußten zu lange exponiert werden und versagten die gewünschte Leistung, und die Versuche wurden im August 1898 mit einem Refraktor von 24 Zoll Objektivöffnung wieder aufgenommen. Man erhielt nach zweistündiger Exposition (Aussetzung) vier Platten, die an einer bestimmten Stelle einen schwachen grauen Fleck zeigten. Dieser Fleck nahm jedoch auf jeder der Platten eine andere Stellung ein, und die daraus sich ergebende Ortveränderung stimmte genau überein mit derjenigen des Saturn während der zweitägigen Aufnahmeperiode. Man durfte daher wohl annehmen, daß in dem den Planeten umgebenden Fleck ein bis dahin noch unentdeckter Trabant desselben gefunden worden sei. Dieser neue Saturnmond ist so klein und lichtschwach, daß man ihn wohl nur in den allerstärksten Teleskopen direkt zu Gesichte bekommen dürfte. Soweit sich bis jetzt die Elemente seiner Bahn bestimmen lassen, ist derselbe 1755555 Meilen (= 212 Saturnhalbmesser) von seinem Planeten entfernt und vollendet den Umlauf um denselben in ungefähr $1^1/_2$ Jahren. Er übertrifft daher alle bekannten Monde bei weitem an Entfernung und Umlaufszeit und ist zugleich von außerordentlicher Kleinheit; sein Durchmesser dürfte sich, nach der Lichtstärke zu urteilen, auf zwanzig bis vierzig deutsche Meilen belaufen.

Was die anderen acht Monde des Saturn anbetrifft, so nimmt man an, daß auch sie in gleicher Weise wie der Erd- und die Jupitermonde ihrem Planeten stets dieselbe Seite zuwenden und während einmaligen Umlaufes um dieselbe sich auch nur einmal um ihre eigene Achse drehen. Die Umlaufszeiten derselben betragen $22^1/_2$ Stunden (für den dem Saturn nächststehenden) bis $79^1/_3$ Tage (für den achten Mond, der bisher als der entfernteste galt — bezüglich des neunten kann die oben angegebene Umlaufszeit nur vermutungsweise aufgestellt werden). Alle Monde des Saturn sind kleiner als der unserige; der größte ist der sechste in der Reihenfolge; er führt den Namen Titan, hat einen Durchmesser von etwa 340 Meilen und ist 20,7 Saturnhalbmesser von seinem Planeten entfernt. Er zeigt sich in den besten Fernrohren deutlich in Scheibengestalt. Nichtsdestoweniger würde er — vom Saturn aus gesehen — dem Durchmesser nach — nur ein viertel mal so groß wie unser Mond erscheinen, und ungefähr in gleicher Größe mögen sich dort auch die übrigen von den inneren sechs Monden zeigen. Die Bahnen dieser sechs Monde liegen beinahe in der Ebene der Ringe, die des siebenten und achten zeigen eine mäßige Neigung gegen diese.

Von den beiden äußersten Planeten unseres Sonnensystems ist nur wenig bekannt, was bei der großen Entfernung derselben auch leicht begreiflich ist. Der Uranus, den ein scharfes und mit den Verhältnissen des Himmels vertrautes Auge noch zur Not un-

bewaffnet wahrnehmen kann, erscheint im Fernrohr als ein grünliches Scheibchen, auf welchem mittels des Riesenteleskopes der Lick-Sternwarte Streifen bemerkt worden sind, die an die wandelbaren Gebilde des Jupiter und Saturn erinnern. Die Spektralanalyse weist auf eine Atmosphäre von ähnlicher Beschaffenheit wie diejenige der beiden vorgenannten Planeten hin. Der Uranus hat vier Monde, von denen Herschel 1787 die zwei äußeren, Lassell 1846 die beiden inneren entdeckt hat. Die Bahnebenen aller vier Monde stehen nahezu senkrecht auf derjenigen des Planeten selbst, so daß sie, wenn die Stellung der Uranusachse zur Ebene der Uranusbahn derjenigen der anderen Planeten zu ihren Bahnen gleich oder ähnlich wäre, statt des Aequators ihres Planeten dessen Pole umkreisen würden. Da aber über die Rotationsverhältnisse des Uranus noch nichts auch nur annähernd Bestimmtes bekannt ist, so wäre es wohl denkbar, daß dieser Planet seine Rotationsachse ganz oder nahezu in die Ebene seiner Bahn verlegt hätte und auf dieser ähnlich einem mehr oder weniger schräg laufenden Wagenrade dahinrollte.

Der **Neptun** zeigt sich im Fernrohr als ein winziges schwachblaues Scheibchen; von der Lage seiner Achse und seinen Rotationsverhältnissen weiß man ebenso wenig wie von denen des Uranus. Das Spektrum desselben hat Aehnlichkeit mit dem des Uranus. 1846 entdeckte der Engländer Lassell einen Neptunmond, dessen Umlaufszeit von Struve in Petersburg auf 5 Tage 21 Stunden berechnet wurde, und 1892 glaubte man mit dem großen Refraktor der Lick-Sternwarte einen zweiten Neptunmond entdeckt zu haben. Die interessante Entdeckungsgeschichte des Neptun kennt der Leser bereits; hier möge nun beigefügt werden, daß dieser Planet schon 1795 von Lalande in Paris gesehen, jedoch von ihm für einen Fixstern gehalten worden war. Der Irrtum stellte sich erst später — dank der Nachforschung späterer Astronomen — aus den auf der Pariser Sternwarte aufbewahrten Handschriften Lalandes heraus.

Viertes Kapitel.

Die Asteroiden.

Man hat ein gewisses Verhältnis zwischen den Entfernungen der Planeten von der Sonne feststellen zu können geglaubt und dafür eine Reihe konstruiert, die nach dem Hamburger Astronomen **Bode** (1747—1826) das Bodesche Gesetz genannt wird, obgleich schon viel früher von anderen Astronomen — namentlich von **Titius** — auf das durch diese Reihe ausgedrückte Verhältnis aufmerksam gemacht worden war. Als erstes Glied der Reihe wird die mittlere Entfernung des Merkur von der Sonne angenommen und mit 4 bezeichnet. Die weiteren Glieder der Reihe werden gebildet, indem man der Grundzahl 4 successive die dreifachen Produkte der Zahlen 1, 2, 4, 8, 16, 32 und 64 hinzuzählt, von denen wieder die Zahlen 2—64 die Potenzen von 2 darstellen. Schon der künstliche Aufbau dieser Reihe zeigt, daß dieselbe ganz willkürlich aufgestellt und nur ein rechenkünstlerisches Produkt ist, das den Zweck hat, zwischen gegebenen Größen ein rechnungsmäßiges Verhältnis hintendrein aufzustellen. Nichtsdestoweniger hat die Bode-Titius'sche Reihe Veranlassung zur Auffindung jener Gruppe von Himmelskörpern gegeben, deren wir unter der Bezeichnung der Planetoiden oder Asteroiden schon wiederholt Erwähnung gethan haben. Um dies zu veranschaulichen, lassen wir im Nachfolgenden die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne, und zwar sowohl in ihrer richtigen als auch in der auf die Bode-Titiussche Reihe zurecht gestutzten Ziffer erscheinen, wobei zu bemerken

ist, daß die zunächst gefundene Summe überall verdoppelt werden muß, um der betreffenden Ziffer der Bode'schen Reihe zu entsprechen:

Planet:	Grundzahl:	Hinzuzufügendes dreifaches Produkt der obigen Zahlen.	Mittlere Entfernung in Millionen Meilen nach der Bodeschen Reihe	wirkliche
Merkur	4	—	(4×2=) 8	8
Venus	4	+ 1×3= 7	(7×2=) 14	14,96
Erde	4	+ 2×3= 10	(10×2=) 20	20,68
Mars	4	+ 4×3= 16	(16×2=) 32	31,51
Nach der Bodeschen Reihe müßte hier folgen:	4	+ 8×3= 27	(28×2=) 56	?
Jupiter	4	+ 16×3= 52	(52×2=)104	107,60
Saturn	4	+ 32×3=100	(100×2=)200	197,28
Uranus	4	+ 64×3=196	(196×2=)392	401,58
Neptun	4	+128×3=388	(388×2=)776	621,18

Ein Blick auf die Ziffern für den Neptun zeigt, daß dieser nach der Bodeschen Reihe um nahezu 155 Millionen Meilen weiter entfernt sein müßte, als seine wirkliche Entfernung beträgt, daß also das künstlich konstruierte Gesetz für diesen Planeten nicht stimmt. Bode und seine Vorgänger konnten dies natürlich nicht wissen, weil zu ihrer Zeit der Neptun noch nicht entdeckt war; dagegen beschäftigte sie lebhaft die Lücke zwischen Mars und Jupiter. Es machte sich die Vermutung geltend, daß sich in derselben ein Planet befinden müsse, dessen Entdeckung bis dahin noch nicht gelungen sei. Diese Vermutung soll übrigens auch schon von Kepler ausgesprochen worden sein, ohne daß derselbe eine Ahnung von der Bodeschen Reihe hatte, und in der That ist die unverhältnismäßig große Lücke zwischen den beiden vorgenannten Planeten auffallend genug, um an sich schon eine solche Vermutung zu rechtfertigen. Am Neujahrstage unseres Jahrhunderts entdeckte nun der Astronom **Piazzi** in Palermo durch einen Zufall den schon so lange vorher vermuteten Planeten. Er war mit einer Durchsicht und Berichtigung der damaligen Sternverzeichnisse beschäftigt und unternahm zu diesem Zwecke ausgedehnte und regelmäßige Untersuchungen; als er nun am Abend des 1. Januar 1801 einen Stern im Sternbilde des Stieres aufsuchte, fand er westlich von diesem einen anderen kleinen Stern, den er als solchen 8. Größe schätzte. Am folgenden Abend suchte er, gewohnt, seine Beobachtungen wiederholt zu kontrollieren, denselben Stern wieder auf und fand zu seinem Erstaunen, daß die am Tage zuvor gewonnenen Ergebnisse seiner Beobachtung nicht stimmten. Das wiederholte sich auch am dritten Tage, und Piazzi fand nun, daß die Abweichung, die sich an diesem Tage von der Beobachtung des vorhergegangenen ergab, ganz ähnlich derjenigen war, die er am zweiten Tage mit Bezug auf seine Beobachtung am Neujahrsabende gefunden hatte. Nach einigem Zögern, das vielleicht durch die Furcht, der Ehre des Entdeckers verlustig zu gehen, hervorgerufen war, machte er von seinem Funde Mitteilung an Bode, der damals Direktor der Berliner Sternwarte war, und dieser ahnte sofort, daß es sich um den längst vermuteten, seinem Gesetze zufolge zwischen Mars und Jupiter fehlenden Planeten handle, während Piazzi selbst in dieser Beziehung nicht sicher war und mehr zu der Annahme neigte, daß der von ihm entdeckte Himmelskörper ein der gewöhnlichen Nebelhülle und des Schweifes entbehrender Komet sei. Durch Piazzis Zaudern mit seiner Mitteilung war viel Zeit verloren gegangen; Sternwarten, die im Besitze der nötigen Hilfsmittel waren, die Spur des neu aufgetauchten Gestirnes zu verfolgen, erhielten von dessen Entdeckung zu spät Kunde, denn der Planet hatte sich inzwischen der Sonne so sehr genähert, daß man ihn nicht mehr wahrnehmen konnte. Man mußte sich daher einstweilen mit dem Ergebnisse der Beobachtungen begnügen, die Piazzi in der Zeit vom 1. Januar bis 11. Februar vorgenommen hatte. Dieser nannte das neu entdeckte Gestirn **Ceres** und fügte diesem Namen zu Ehren seines Königs (Ferdinand I. beider Sizilien) den Beinamen

„Ferdinandea“ bei, der aber bald in Vergessenheit geriet. Es handelte sich zunächst um die Wiederauffindung des Planeten, der im Verlaufe der Beobachtungen Piazzis kaum einen Weg von 3 Grad zurückgelegt hatte. An die Lösung dieser schwierigen Aufgabe machte sich der damals erst 24jährige Mathematiker Carl Friedrich Gauß (1777—1855) und teilte das Ergebnis seiner Berechnung den Astronomen mit, worauf dann auch die Wiederauffindung der Ceres am 7. Dezember 1801 gelang. Schon im März des folgenden Jahres fand Olbers in Bremen einen zweiten Planetoiden, die Pallas, am 1. September 1804 folgte die Entdeckung der Juno durch Harding in Lilienthal bei Bremen, und Ende März 1807 diejenige der Vesta durch Olbers. Ceres und Pallas zeigten 55, Juno 53 und Vesta 47 Millionen Meilen Abstand von der Sonne, so daß eine Durchschnittszahl von über 50 Millionen Meilen sich ergab, die, wie man sieht, der die Lücke der Bodeschen Reihe ausfüllenden Zahl annähernd entspricht. Bis zum Jahre 1845 hatte es bei der Vierzahl der neu entdeckten Gestirne, die man ihrer geringen Größe halber Planetoiden nannte, sein Bewenden; dann aber fingen die Entdeckungen an sich zu häufen, und seither vermehren sich dieselben, wie bereits erwähnt worden ist, ins Unglaubliche. Anfangs 1890 zählte man deren 286, jetzt beträgt ihre Zahl weit über 400; im Jahre 1893 sind allein 15 neue Planetoiden entdeckt worden, und es steht zu erwarten, daß die Himmelsphotographie, die bei diesen Entdeckungen eine große Rolle spielt, deren Zahl noch weiter vermehren wird. Man belegt die Asteroiden zwar noch mit Namen, fügt aber diesen auch eine Ordnungsziffer bei, die in einen Kreis gestellt wird, oder bezeichnet sie auch nur einfach mit Jahreszahl und Serienbuchstaben. Für den Laien haben indes die Bezeichnungen dieser Schwarmplaneten keinerlei Interesse, und es genügt daher, an diesem Orte die wichtigsten Verhältnisse der Planetoiden mitzuteilen.

Die Durchmesser der Asteroiden sind sehr klein und ihre Messung kann, da sie im Fernrohr nicht als Scheiben, sondern nur als Lichtpunkte erscheinen, nur durch Schätzung ihrer Lichtstärke, also durch photometrische Untersuchung geschehen. Diese Schätzung hat sehr verschiedene und vielfach von einander abweichende Ergebnisse gehabt; sie bewegt sich im Mittel zwischen 25 und 375 km. Auch die Berechnung ihrer Bahnen ergiebt nur schwankende und unzuverlässige Ziffern, weil bei der Kleinheit dieser Körper ihre Beeinflussung durch die Anziehungskraft anderer Planeten, namentlich derjenigen ihres großen Nachbarn Jupiter, eine sehr verschiedene ist, je nachdem sich ein solches Planetchen denselben nähert oder sich von ihnen entfernt. Infolge dieser Beeinflussung ist auch die Excentricität der Asteroidenbahnen im Allgemeinen bedeutender als diejenige der Bahnen größerer Planeten, so daß ihre Bahnen vielfach einander durchschneiden, oder, wenn man dies anschaulicher ausdrücken will, gleich den Gliedern einer zusammengeschobenen Ringkette übereinander greifen. Die mittlere Entfernung der Planetoiden von der Sonne beträgt 50—60 Millionen Meilen; der Gürtel, innerhalb dessen ihre Bahnen gelegen sind, hat eine Breite von ungefähr 43 Millionen Meilen. Gegen den Mars hin scheinen die Planetoiden dichter gedrängt zu stehen als nach der Seite des Jupiters. Auf dem Wege der Rechnung hat Leverrier für ihre Gesamtmasse eine Größe gefunden, die dem vierten Teile der Erdmasse entsprechen würde. Was ihre physische Beschaffenheit anbelangt, so beschränkt sich unsere Kenntnis von derselben auf die wenigen Enthüllungen, die uns das Spektroskop darüber gemacht hat. Es scheint, daß wenigstens die größten und lichtstärksten Planetoiden eine Atmosphäre besitzen, und man will diese auch zu den mitunter plötzlich auftretenden Helligkeitsschwankungen in Beziehung bringen, die wiederholt beobachtet worden sind. Auch die Farbe einiger Planetoiden scheint zu wechseln, und es giebt solche, die beständig stark gefärbt erscheinen, so namentlich die intensiv rot leuchtende Iris.

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt worden ist, hat man die Entstehung der Planetoiden aus dem Zerplatzen eines Planeten herleiten wollen, der früher innerhalb des jetzt von ihnen ausgefüllten Gürtels seine Bahn um die Sonne beschrieben hatte, dessen Trümmer sich dann innerhalb dieses Gürtels zerstreuten und, der ursprünglichen Rotationsbewegung des Stammkörpers sowohl als auch den Einflüssen ihrer gegenseitigen und der

Anziehung anderer Himmelskörper folgend, sich weiter um den gemeinsamen Centralkörper des Planetensystems auf Bahnen bewegten, die für jeden einzelnen von ihnen aus der Summe der auf ihn einwirkenden Kräfte sich ergab. Neuerer Zeit neigt man aber mehr der Annahme zu, daß die Planetoiden durch Verdichtung eines Nebelringes entstanden seien, der die Sonne früher innerhalb des jetzt von diesen Himmelskörpern ausgefüllten Gürtels oder auch eines noch viel weiter ausgedehnten Raumes umkreist hatte. Die früher erwähnte Verdichtung des Planetoidenringes in der Richtung gegen den Mars (also gegen die Sonne) hin scheint zu Gunsten dieser Annahme zu sprechen, da man in ihr die gleichmäßig einwirkende und mit der Annäherung an den anziehenden Körper stetig wachsende Anziehungskraft der Sonne erblicken kann, während der Effekt einer von außen einwirkenden Kraft von solcher Gewalt, daß sie die Zertrümmerung eines Himmelskörpers von der Masse des vierten Teiles der Erde zur Folge haben könnte, in ganz anderer Weise sich geäußert haben müßte.

Fünftes Kapitel.

Die Kometen.

Die Kometen sind zwar keineswegs die wichtigsten, jedenfalls aber die auffallendsten Erscheinungen am Sternenhimmel, und waren daher seit je Gegenstand der Einbildungskraft und des Aberglaubens der Menschen. Fast überall gelten sie als die Vorboten großer Ereignisse und Mißstände, und die Fälle, in denen der Volksglaube ihnen einen wohlthätigen Einfluß zuschreibt, stehen nur ganz vereinzelt da, so etwa das Vertrauen, mit welchem der Weinbauer und Weintrinker in einem Kometenjahr dem Ertrag der Reben in Bezug auf Güte und Fülle entgegensieht, oder die in Mexiko verbreitete Ansicht, daß das Erscheinen eines Kometen das Auffinden neuer, reicher Gold- oder Silberminen nach sich ziehe. Besonders stark war der Glaube der Römer an die unheilvolle Bedeutung der Kometen, von denen — nach Plinius dem Aelteren — besonders die dreieckigen als bösartig verschrieen waren. Selbst ernsthaft zu nehmende Geschichtsschreiber wie Sueton, Josephus Flavius und Andere melden von zahlreichen Unglücksfällen, die durch Kometen bewirkt oder wenigstens angekündigt worden sein sollen, und unter denjenigen römischen Dichtern, in deren Gehirn die Kometenfurcht spukte, wird auch der große Virgil genannt. Auch das Christentum hat diesen alten Aberglauben nicht zerstören können, vielmehr wurde derselbe von manchen seiner Priester genährt und gestärkt, wie beispielsweise der spanische Mönch Valderama die Kometen durch besonders damit betraute Teufel aus dem Höllenpfuhle heraufstreiben ließ, um die sündige Menschheit zu erschrecken und zu züchtigen. Selbst unter Männern der astronomischen Wissenschaft hat sich der gegen die Kometen gerichtete Aberglaube bis in die neueste Zeit erhalten. In der Zeit der Türkenkriege wurden die hervorragendsten Ereignisse, die mit dem Kampfe der Christenheit gegen den Halbmond zusammenhingen, mit Vorliebe mit den Kometen in Zusammenhang gebracht, deren damals mehrere erschienen, so namentlich der Halleysche, auf den wir später zurückkommen werden und dessen erste, durch astronomische Beobachtungen zuverlässig festgestellte Erscheinung in das Jahr 1456 fiel. Vergeblich war das Ankämpfen aufgeklärter Männer jener Zeiten gegen den Kometenaberglauben, so namentlich das des Lubienicius, der in seinem „Theatrum cometicum" eine erste Sammlung von Kometennachrichten veranstaltete und der eifrig bemüht war, nachzuweisen, daß die Erscheinungen der Kometen allezeit sowohl von freudigen als von traurigen Ereignissen begleitet gewesen seien und daß daher der Zusammenhang zwischen jenen und diesen kein ursächlicher, sondern nur ein rein zufälliger sein könne. Der Theologe Grynaeus (1493—1541), ein Freund Melanchthons, erklärte es als eine erstaunliche

Dreistigkeit und Unwissenheit, aus Kometenerscheinungen Mißwachs und sonstige Unglücke herleiten und weissagen zu wollen, und um die Mitte des 16. Jahrhunderts schrieb Thomas Erastus (eigentlich Liebler, 1524—1583), der als Professor der Philosophie und Medizin in Heidelberg und Basel gewirkt hat und mit Entschiedenheit den alchymistischen Neigungen der Gelehrtenwelt seiner Zeit entgegentrat: „Wollte Gott, daß die Kriege keine andere Ursache hätten, als die angeblich durch die Wirkung der Kometen aufgereizte Galle der Machthaber. Ein einziger geschickter Arzt könnte dann mit einer kleinen Dosis Rhabarber oder Rosensirup das Glück eines ganzen Landes erhalten". Der Aberglaube dauerte nichtsdestoweniger fort, und als der Halleysche Komet 1607 zum dritten Male erschien, machten sich die Astrologen wieder mit vollem Eifer daran, eine große Menge von Vorhersagungen daraus abzuleiten. Der klügste von ihnen benutzte, wie in Littrows „Wunder des Himmels" bemerkt wird, den Umstand, daß zu Anfang der Sichtbarkeit des Kometen und am Ende derselben auffällige Konstellationen mehrerer Planeten eintraten, um sein astrologisches Gutachten dahin abzugeben, daß von Merkur Stürme und Ungewitter, von Saturn Krankheiten und anderes Unglück, von Jupiter aber schönes Wetter zu gewärtigen sei, so daß das Erscheinen des Kometen inmitten dieser Konstellation zu bedeuten habe, „es werde Krieg mit Frieden und Gutes mit Bösem abwechseln". Noch in unserem Jahrhundert konnte man im Almanach eines namhaften deutschen Astronomen einen Artikel aus der „Encyclopédie française" finden, der sich mit dem Kometen von 1680 beschäftigt, von welchem noch zu Newtons Zeiten die Sintflut abgeleitet worden war, und der — von der Voraussetzung ausgehend, daß die Umlaufszeit dieses Kometen 575 Jahre betrage — die Geschichte der Erscheinungen desselben und der angeblich damit in Verbindung stehenden Vorgänge auf der Erde bis zu dem erwähnten biblischen Ereignis zurückführte. Geht man — so heißt es da — vom Jahre 1680 um acht Perioden (Zeiträume der Wiederkehr) des Kometen dieses Jahres, also um 4600 Jahre zurück, so gelangt man zu dem Jahre 2920 v. Chr., einem Zeitpunkt, auf welchen die meisten Chronologen die Sintflut setzten. Von da zwei Perioden vorwärts schreitend, stößt man auf die Zeit der großen Ueberschwemmung des hellenischen Mythus. Mit der dritten Erscheinung des Kometen — 1192 v. Chr. — fällt der trojanische Krieg zusammen und mit der vierten im Jahre 617 v. Chr. die Zerstörung Ninives, zu deren Zeit — urkundlich der sibyllinischen Bücher! — in der That ein großer Komet gesehen worden sein soll. Zur Zeit der fünften Erscheinung — 43 v. Chr. — fiel Julius Cäsar unter Mörderhänden (genauer März 44). Bei seiner sechsten Erscheinung im Jahre 531 n. Chr. beleuchtete der Komet die Kriege, Erdbeben und verheerenden Seuchen, die mit dem Anfang der thatenreichen Regierung des oströmischen Kaisers Justinians I. zusammenfielen, und zum siebenten Mal (1106) erschien er als das Flammenzeichen der Kreuzzüge. Die Zeit seiner achten Erscheinung (1680) war im Allgemeinen bewegt genug, um abergläubischen Gemütern den Einfluß des Kometen auf die irdischen Reiche recht eindringlich vor Augen zu führen: in England herrschte damals jene grausame Reaktion, die den Untergang des Hauses Stuart vorbereitete, in Frankreich hatte sich der „Sonnenkönig" Ludwig XIV. durch den Frieden zu Nymwegen der Obmacht über ganz Europa bemächtigt, und im Osten des Erdteils spielte sich der Entscheidungskampf gegen den Halbmond ab. Im Reiche der Wissenschaft aber rief Newton durch seine Gravitations-Theorie, die er um jene Zeit zwar noch nicht veröffentlicht, aber bereits gründlich durchgearbeitet hatte, eine neue Umwälzung der Naturanschauungen hervor, die leider erst viel später, und auch dann nur bei einem verhältnismäßig sehr kleinen Teile der Menschheit, dem Aberglauben an die Wurzel greifen sollte, dem auch in der vorstehend auszugsweise mitgeteilten Gelehrtenbetrachtung noch in überreichem Maße gehuldigt ist. Daß sich im Volksglauben die Kometenfurcht noch bis heute erhalten hat, namentlich in dem Sinne, daß man mit der Erscheinung eines solchen Himmelskörpers den Gedanken an den Weltuntergang in Verbindung zu bringen pflegt, kann nicht wundernehmen, wenn man das 1829 erschienene Werk eines gelehrten Mannes, des englischen Arztes Forster, liest, in welchem der Genannte an einer Zusammenstellung aller Mißgeschicke, die die Menschheit seit

Christi Geburt betroffen haben, und der während des gleichen Zeitraumes erschienenen Kometen mit „mathematischer Genauigkeit“ die Beziehungen zwischen diesen und jenen nachweisen will. Einige Beispiele von der Gründlichkeit der Forsterschen Arbeit mögen — nach Littrow — hier folgen: „Anno 1668 erschien ein Komet, und in Westfalen war großes Sterben unter den Katzen; Anno .... war ein Komet und ein großes Ungewitter in Thüringen, das mehrere Bauern auf der Wiese erschlug; Anno .... Komet und Aerolith (Meteorstein) in Schottland, welcher letztere eine Dorfkirche traf und das Räderwerk der Turmuhr beschädigte; Anno .... Komet und Klauenseuche des Hornviehes in Ostfriesland“ u. s. w. Das umfangreiche Werk schließt mit der Behauptung: „es ist daher ganz gewiß, daß seit dem Anfange unserer Zeitrechnung die ungesundesten Zeiten auch immer zugleich die an Kometen reichsten gewesen sind und daß die Erscheinungen dieser Himmelskörper stets von Erdbeben, vulkanischen Ausbrüchen und atmosphärischen Revolutionen begleitet waren, während man im Gegenteile in gesunden Zeiten nie einen größeren Kometen gesehen hat.“

Die Wirkung, die der Zusammenstoß der Erde mit einem Kometen hervorbringen müßte, schildert Laplace in folgender Weise: „Dem Schrecken, welchen früher die Erscheinung eines Kometen in abergläubischen Gemütern verbreitete, folgte in unseren Tagen die Besorgnis, daß einer dieser zahllosen Himmelskörper, die in allen Richtungen das Planetensystem durchkreuzen, an die Erde stoßen und die Lage ihrer Axe verändern möchte. Es ist nicht schwer, sich die Folgen eines solchen Zusammenstoßes vorzustellen. Die Axe und die Umlaufszeit der Erde (die Länge des Tages) würden eine Aenderung erleiden; die Meere würden ihr altes Lager verlassen, um sich gegen den neuen Aequator hin zu stürzen; ein großer Teil der Menschen und Tiere würde in dieser allgemeinen Wasserflut oder auch durch den heftigen Stoß, den die Erde erhalten hat, zu Grunde gehen; ganze Geschlechter von lebenden Wesen würden ihren Untergang finden; alle Denkmäler des menschlichen Fleißes und Kunstsinnes würden vernichtet werden“ u. s. w. Diese Schilderung wäre in der That nicht übertrieben, ja sie ließe sich sogar noch weit furchtbarer und großartiger ausmalen, wenn die Kometen die Beschaffenheit eines festen Körpers hätten. Daß dies aber nicht der Fall ist, ist bereits erwähnt worden; die Spektralanalyse hat darüber genügenden Aufschluß gegeben. Der erste Komet, der mittels dieses vortrefflichen wissenschaftlichen Hilfsmittels mit Erfolg untersucht worden ist, war derjenige von 1864. Die Untersuchung wurde von dem Entdecker des glänzenden Kometen ausgeführt, der im Jahre 1858 an unserem Himmel erschien und nächst demjenigen von 1811 der hellste des 19. Jahrhunderts gewesen ist; es war dies der Donatische Komet und sein Entdecker der italienische Astronom Johann Baptist Donati (1826—1873), seit 1864 Direktor der Sternwarte zu Florenz. An dieser Sternwarte nahm er die eben erwähnte spektralanalytische Untersuchung des Kometenlichtes vor und wies in dem Spektrum desselben drei helle Bänder auf kontinuierlichem Grunde nach, womit der Beweis erstellt war, daß wenigstens ein Teil des Kometenlichtes von glühenden Gasen ausging, die seiner eigenen Materie angehörten, wogegen ein anderer Teil reflektiertes Sonnenlicht ist. Der leuchtende Stoff wurde später als Kohlenwasserstoff*) erkannt. Die teleskopischen Kometen haben im Fernrohr das Aussehen eines fein gekörnten Nebels oder Wölkchens. Stoffe, die uns im Bereiche unseres irdischen Gesichtskreises ein solches Aussehen zeigen, bestehen erfahrungsmäßig aus getrennten Teilchen von festem oder tropfbarflüssigem Aggregatzustande, so beispielsweise die Wolken oder der Dampf aus kleinen Wasserteilchen, der Rauch aus solchen von Kohle. Eine ähnliche Beschaffenheit müssen wir daher den Kometen zuerkennen; bei

*) Kohlenwasserstoffe sind Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff, deren es außerordentlich viele, durch das Verhältnis ihrer Zusammensetzung von einander verschiedene giebt. Von den an Kohlenstoff reichsten nennen wir Benzin und Petroleum; die an Kohlenstoff ärmsten Kohlenwasserstoffe sind Gase. Das Sumpf- oder Grubengas stellt die einfachste Verbindung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes dar und mit diesem dürfte die Kometenmaterie wohl die nächste Verwandtschaft haben.

dem Umstande jedoch, daß diese Zehntausende von Meilen im Raume einnehmen und trotzdem nicht den geringsten erkennbaren Einfluß auf die Himmelskörper ausüben, in deren Nähe sie geraten, und in fernerer Berücksichtigung der Tatsache, daß das Sternenlicht ohne erhebliche Schwächung durch ihre Masse hindurch sichtbar bleibt, muß notwendig angenommen werden, daß diese Masse von außerordentlich geringer Dichtigkeit ist und daß daher die einzelnen Teilchen derselben verhältnismäßig weit von einander getrennt sind. Die Abweichungen, die das Kometenspektrum gegenüber demjenigen des Kohlenwasserstoffes zeigt, werden auf Beimengungen von Kohlenoxydgas*) sowie durch eigentümliche Temperaturverhältnisse erklärt. Vogel und Hasselberg, die eine eingehende Untersuchung der Kohlenwasserstoff-Spektren vorgenommen haben, sind zu dem übereinstimmenden Ergebnisse gelangt, daß die eben erwähnte Modifikation des Kohlenwasserstoff-Spektrums nur beim elektrischen Glühen der Gase auftritt; daß aber elektrische Vorgänge in der Kometenmaterie sich vollziehen, scheint durch verschiedene Erscheinungen festgestellt zu sein. Am wahrscheinlichsten dürfte nach dem heutigen Stande unseres Wissens von den Kometen die Annahme sein, daß dieselben aus einem Kern von fester oder doch sehr verdichteter Masse bestehen, während der Schweif nur aus den durch Abstoßung und Verdampfung von der Kometenmaterie abgetrennten Teilchen besteht, die durch große Zwischenräume von einander getrennt sind. Bei Annäherung an die Sonne erhitzt sich die Masse des Kerns und es tritt lebhafte Dampfbildung ein. Zu gleicher Zeit macht sich die Einwirkung elektrischer Kräfte geltend, die zwischen der Sonne und dem Kometenkern auftreten und infolge deren die bereits erwähnte Abstoßung von einzelnen Teilchen der Masse erfolgt. Es bildet sich außer dem Schweife auch noch eine Lichthülle um den Kern selbst, die Coma genannt wird und meistens eine fächerförmige Gestalt annimmt, die den Eindruck macht, als würde eine dampfförmige leuchtende Masse fortwährend vom Kometenkern in der Richtung gegen die Sonne hin ausgestoßen und biege dann in einiger Entfernung vom Kern, den sie in mehreren Schichten umhüllt, nach der der Sonne entgegengesetzten Seite hin um, um in den Schweif überzugehen. In den fächerförmigen Ausstrahlungen und am Kometenschweife selbst sind auch öfters schon pendelnde Bewegungen beobachtet worden; auch verändert sich das Aussehen von Schweif und Coma oft sehr rasch; mit der Annäherung an die Sonne nehmen diese Vorgänge an Lebhaftigkeit zu und die Lichtentwickelung steigert sich mitunter bis zu solchem Grade, daß der Komet selbst am hellen Tage sichtbar bleibt. Der Umstand, daß die periodischen Kometen bei jedem neuen Auftreten immer schwächer erscheinen, berechtigt zu der Annahme, daß die von ihnen abgestoßene Materie wenigstens teilweise sich im Weltraume verliert, und wenn diese Annahme zutrifft, so dürfen wir die Kometen allerdings nur als vergängliche Bestandteile des Sonnensystems betrachten.

Seit Christi Geburt will man im ganzen 500 Kometen gezählt haben, die von solcher Größe waren bezw. der Erde und Sonne in solchem Maße sich genähert haben, daß sie nicht nur für das unbewaffnete Auge sichtbar wurden, sondern sogar an Großartigkeit und Umfang der Erscheinung alle übrigen zur Wahrnehmung des Menschen gelangten kosmischen Schauspiele übertrafen. Einer der prächtigsten Kometen, von deren Erscheinung wir nähere Kenntnis haben, war der bereits genannte Donatische. Nach einer von W. C. Bond, dem Astronomen der Sternwarte des Harvard College zu Cambridge in Nordamerika, verfaßten Schrift wurde dieser Komet am 2. Juni 1858 von Donati in Florenz als schwacher, nur in stärkeren Fernrohren sichtbarer Nebel zuerst gesehen und zu Ende desselben Monats auch an mehreren Punkten Nordamerikas aufgefunden. Die Bahnrichtung des Kometen war zuerst direkt der Erde zugewendet; er schien daher fast still zu stehen und die Bahnberechnungen fielen deshalb sehr unsicher aus. Bald aber wurden die Verhältnisse für die Beobachtung günstiger, und man konnte mit Sicherheit

*) Kohlenoxydgas entsteht durch das Zusammentreffen von Kohlensäure mit glühendem Kohlenstoff oder beim Glühen gewisser Metalloxyde mit Kohlenstoff.

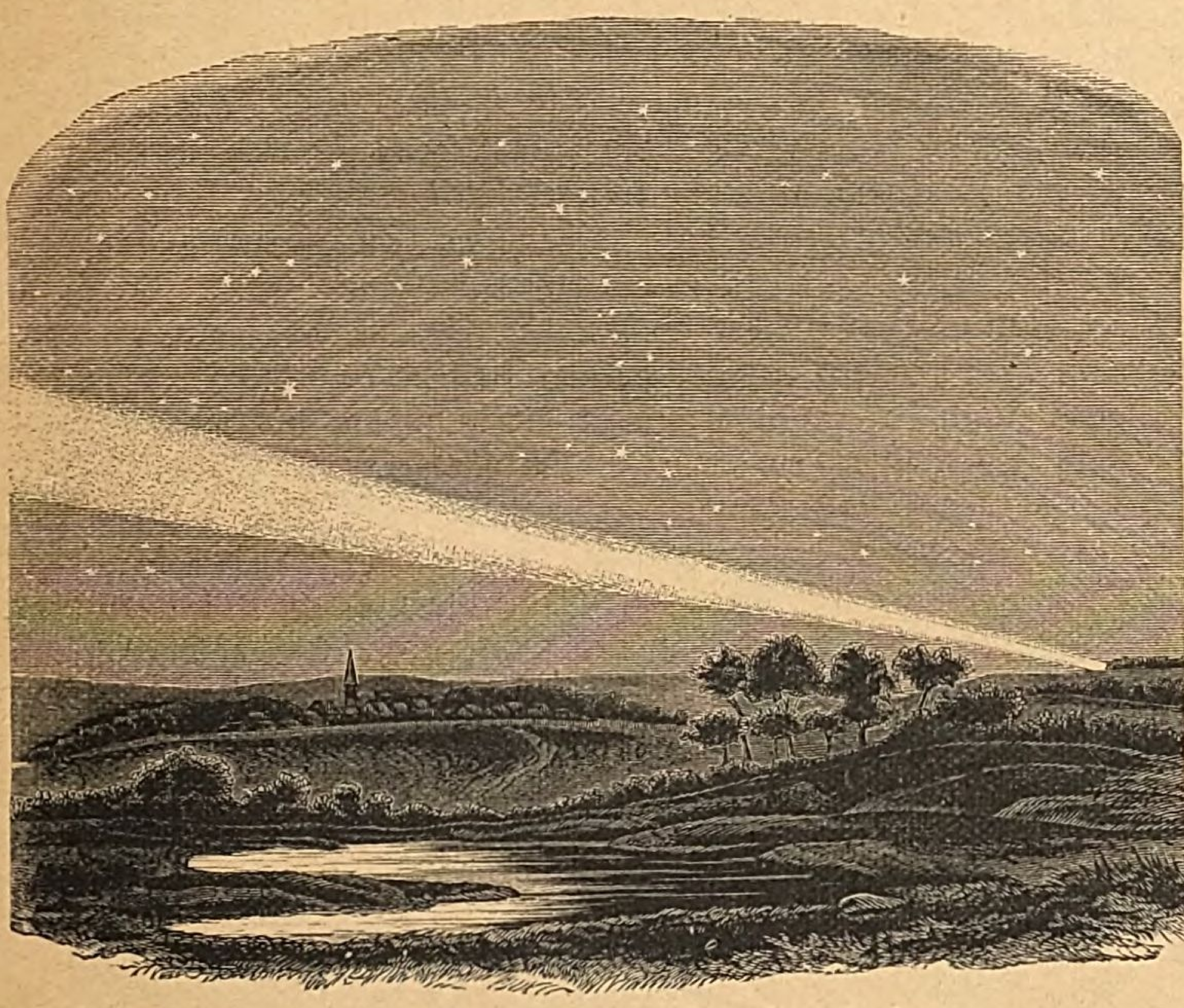
darauf rechnen, daß der Komet Ende September und Anfangs Oktober eine sehr bedeutende Erscheinung darbieten werde. Mitte August glich der Kern des Kometen einem Stern siebenter Größe und man konnte eine Spur seines Lichtschweifes bemerken. Gegen Ende dieses Monats war der Himmelskörper bereits dem unbewaffneten Auge als Stern sechster Größe sichtbar und am 6. September ließ sich eine Krümmung des Schweifes wahrnehmen. Von da an nahm die Lichtstärke des Kometen und die Länge des Schweifes rasch zu, beim Erscheinen desselben am Himmel vor Sonnenaufgang wurde eine intensiv leuchtende Nebelhülle von etwa 4500 km Durchmesser um den Kern bemerkbar, auf dem dunklen Nachthimmel aber erstreckte sich das diese Hülle umgebende zerstreute Licht in der Richtung gegen die Sonne auf etwa 65—80 000 km. Der Kern des Kometen stand, um diese Zeit einem Stern fünfter Größe gleichend, genau im Scheitel des Schweifes, der ungefähr 25 Millionen km lang war. Gegen die Mitte des September hatte der Kopf des Kometen bereits die Größe eines Sternes zweiter Größe erreicht und die Länge des Schweifes, der jetzt auffallend an Glanz zunahm, erstreckte sich auf 6^{0}. Um diese Zeit hatte auch bereits die merkwürdige Ausströmung vom Kerne aus begonnen. Am 20. September erschien der Lichtschweif an der Wurzel gespalten; man sah jetzt vom Kopfe des Kometen zwei ungleiche Ströme ausgehen, zwischen denen ein dunkler Raum offen blieb; der südliche Strom war viel glänzender als der nördliche und zur Zeit der Dämmerung blieb er allein als kurzer Schweif sichtbar. Am 23. September hatte der Komet für das unbewaffnete Auge die Lichtstärke eines Sternes erster Größe und der Schweif eine Länge bis zu 8^{0} erreicht; durch das Teleskop beobachtet zeigte sich um den Kern herum eine lichte Hülle, deren Scheitel zur Sonne gerichtet war und die sich auf 10000 km vom Kern weg erstreckte. Eine zweite weniger helle Hülle stand in ihrem Scheitelpunkte etwa doppelt so weit wie die ersterwähnte vom Kern ab. Beide Hüllen waren von dunklen Bogen begrenzt und außerhalb desjenigen der äußeren Hülle war ein Schein von feinem, nebelartig zerstreutem Schimmer wahrnehmbar, der schnell abnahm. Der Kern leuchtete lebhafter auf, wenn eine neue Ausströmung von Masse aus demselben stattfand, und erschien in matterem Glanze nach einer solchen. Der Schweif blieb bis hart an den Kern hin gespalten. In den nächsten Tagen entwickelte sich noch eine weitere Hülle, und der Schweif erreichte eine Länge von nahezu 30 Millionen km. In dieser Zeit zeigten sich Verlängerungen des Kernes in Gestalt von Strahlen, die aber der Richtung des Schweifes nicht folgten, sondern eine Winkelstellung gegen dieselbe einnahmen, die am 24. September mit der Schweifrichtung einen rechten Winkel bildete. Der Kopf nahm in einem kleinen Teleskop, mit welchem nur der lichteste Teil desselben gesehen werden konnte, Sichelgestalt an und über ihm erhob sich eine halbmondförmige Hülle, die am äußeren Rande am hellsten leuchtete, ein Zeichen, daß sie im Begriffe stand, sich vom Centralnebel zu trennen. Mit wachsender Erhebung über ihre Ursprungsstelle wurde die Lichtverteilung eine gleichförmige, so daß es schien, als habe die Materie das Bestreben, sich, nachdem sie der unmittelbaren Einwirkung des Kernes entzogen war, selbständig zu ordnen. Zwischen dem 29. und 30. September ging der Komet durch sein Perihel (den Punkt seiner Sonnennähe) in einer Entfernung von $76^{1}/_{2}$ Millionen km von der Sonne und etwa 106 Millionen km von der Erde, der er sich noch immer rasch näherte. Der Schweif erreichte nun die Länge von 41 Millionen km und nahe am Ende eine Breite von $2—3^{0}$. Der Kern war ungewöhnlich hell und gegen die Sonne hin abgerundet; in der innersten Hülle bildeten sich drei dunkle Oeffnungen, zwischen denen helle Strahlen leuchteten. Am 5. Oktober hatte der Komet seinen höchsten Glanz erreicht und der Schweif zeigte eine Länge von 35^{0} bei einer Breite von $5—6^{0}$. Kern und innerste Hülle des Kometen waren im Teleskop bei vollem Sonnenscheine sichtbar, der Kopf bald nach Sonnenuntergang auch mit freiem Auge wahrzunehmen. Trotz seines erhöhten Glanzes hatte sich jedoch der Kern verkleinert und erst später nahm er seine frühere Größe wieder an, ohne deshalb an Glanz einzubüßen. Am 10. Oktober erreichte der Komet seine Erdnähe und erschien zwar ausgebreiteter als früher, war aber

doch im Abnehmen begriffen. Fünf Hüllen mit Einschluß des äußeren Nebels waren den ganzen äußeren Umrissen nach oder teilweise sichtbar. Der dunkle Raum zwischen den beiden Strömen begann sich mit zerstreutem Lichte auszufüllen, so daß eben nur noch ein dunkler Streif wahrnehmbar blieb. Der Schweif erschien an diesem Tage am ausgebreitetsten und erstreckte sich über 60° (80 Millionen km), wobei sich das Licht desselben im zweiten und letzten Drittel seiner Länge auf völlig oder annähernd parallele, mit dunklen Räumen abwechselnde Streifen verteilte, die den Strahlen vergleichbar waren, welche häufig den Bogen des Nordlichtes durchbrechen, oder auch einer Aneinanderreihung von mehreren Schweifen kleinerer Kometen, die gewissermaßen die Ueberbleibsel des großen bildeten. Diese Streifen blieben nur noch kurze Zeit sichtbar, weil sie dann durch den Mond verwischt wurden. Am 20. Oktober mußten die Beobachtungen in Cambridge geschlossen werden, weil der Komet bereits eine zu südliche Stellung eingenommen hatte. Außer dem Hauptschweife sandte der Komet zwei Nebenstrahlen aus, von denen der eine am 6. Oktober eine größere Länge als der Hauptschweif erreichte; am 8. Oktober wuchs die Zahl dieser Nebenstreifen auf 5 oder 6 an und an diesem Tage war der bedeutendste dieser Nebenstreifen auch mit unbewaffnetem Auge sichtbar. Auf der südlichen Halbkugel konnte der Donatische Komet noch bis zum März 1859 verfolgt werden. Die Bestimmung seiner Bahn, deren Beobachtung bei der langen Dauer der Sichtbarkeit dieses Kometen eine ziemlich umfassende sein konnte, wurde von mehreren Astronomen vorgenommen und ergab nach Hill 1950, nach Löwy 2040 und nach v. Asten 1879 Jahre Umlaufszeit.

Von anderen großen Kometen, die im Laufe unseres Jahrhunderts erschienen sind, sind besonders zu nennen derjenige von 1811, der fast volle 17 Monate hindurch für die Astronomen und durch mehrere Wochen dem unbewaffneten Auge sichtbar blieb, sowie derjenige vom Jahre 1843, dessen Erscheinung unsere Abbildung auf Seite 187 wiedergiebt. Dieser Komet erschien plötzlich im Februar des genannten Jahres in großer Sonnennähe, war in den südlicheren Gegenden anfangs am hellen Tage sichtbar, wurde aber sehr bald schwächer und war im April auch für die teleskopische Beobachtung gänzlich verschwunden. Dieser Komet kam, wie Newcomb hervorhebt, der Sonne näher als irgend ein anderer bekannter Weltkörper vor ihm — ja so nahe, daß er bei der geringsten Veränderung seiner ursprünglichen Bewegungsrichtung mit ihr zusammengestoßen wäre. Seine perihele Distanz betrug nämlich vom Mittelpunkte der Sonne nur etwa 1 Million km, von ihrer Oberfläche sogar nur 310 000 km; er näherte sich der Sonne also bis auf weniger als die Hälfte ihres Halbmessers. Dabei erreichte sein Schweif, besonders im Verhältnisse zu dem sehr unscheinbaren Kern, sofort nach dem Periheldurchgang die enorme Ausdehnung von nicht weniger als 250 Millionen km. Bei der Berechnung seiner Bahn stellten sich bedeutende Widersprüche heraus; während die einen die Zahl von 530 Jahren fanden, erhielten andere ein Ergebnis von 175, 150, ja sogar nur von 35 Jahren. Das Stück seiner Bahn, das während der sechs Wochen seiner Sichtbarkeit beobachtet werden konnte, gestattete keinen sicheren Schluß auf den Charakter der Kurve derselben, so daß nicht feststeht, ob dieselbe eine Parabel oder eine Ellipse darstellt. Es erscheint nicht unwahrscheinlich, daß ein 1880 auf der südlichen Halbkugel in unmittelbarer Nähe der Sonne erschienener Komet, der zwar nur kurze Zeit sichtbar war, aber hinsichtlich der Beschaffenheit seiner Bahn genügend genau bestimmt werden konnte und in seinem physischen Verhalten viel Aehnlichkeit mit dem Kometen von 1843 zeigte, mit diesem identisch ist. Trifft diese Vermutung zu, so würde die Umlaufszeit dieses Kometen auf 37 Jahre, also annähernd auf jene Zeitdauer sich belaufen, die sich aus einer der oben angegebenen Beobachtungen des Kometen von 1843 ergeben hatte. Dem Umstand, daß der Komet nicht schon früher bemerkt worden ist, oder besser gesagt, daß Kometenerscheinungen, die zu ihm in Beziehung gebracht werden könnten, vergangenen Jahrhunderten angehören, glaubt Newcomb auf die eigentümliche Beschaffenheit seiner Bahn zurückführen zu können, der zufolge von je zwei bis drei Erscheinungen dieses Kometen möglicherweise am nördlichen Himmel nur eine sichtbar werden konnte. Er fügt indes bei, daß es sich wahrscheinlich doch um zwei zu einem gemeinschaftlichen System

gehörige Kometen handle und findet diese Annahme wesentlich bekräftigt durch die Erscheinung eines Kometen im Jahre 1882, dessen Bahnverhältnisse ganz auffallend mit denjenigen der Kometen von 1843 und 1880 übereinstimmen.

Von anderen besonders interessanten Kometen ist in erster Linie derjenige von 1682 zu nennen, der nach seinem Entdecker der Halleysche Komet genannt wird. Er erschien im August des genannten Jahres am nördlichen Himmel, und seine Bahn zeigte eine so große Aehnlichkeit mit derjenigen eines 1607 von Kepler beobachteten, daß kaum daran gezweifelt werden konnte, daß es sich hier um die Wiederkehr eines und desselben Kometen handelte. In der That läßt sich aus den stattgehabten Beobachtungen die Thatsache feststellen, daß an Zeitpunkten, die dem regelmäßigen Wiedererscheinen dieses Kometen nach Zurücklegung seines auf 75—76 Jahre berechneten Umlaufes entsprechen würden, bis in die Mitte des 15. Jahrhunderts wirklich Kometenerscheinungen stattfanden, und daß sich



Großer Komet von 1843,
Mitte März.

die Periodicität des Halleyschen Kometen mit einiger Wahrscheinlichkeit sogar bis an den Anfang unserer Zeitrechnung zurückführen läßt. Laugier und Hind haben versucht, die Reihe der Wiederkünfte des Halleyschen Kometen festzustellen und haben ihre bezügliche Aufstellung in einzelnen Punkten bestätigt gefunden. So dürfte die Erscheinung des Halleyschen Kometen, die nach dieser Aufstellung in das Jahr 1066 fiele, auf der berühmten Stickerei von Bayeux verewigt sein, die neben den Hauptereignissen der Eroberung Englands durch den Normannen Wilhelm auch ein solches Naturereignis darstellt. Zu einem weiteren Wiedererscheinungstermin im Jahre 1378 hat nach den chinesischen Annalen und nach dem Verfasser des „Theatrum cometicum“, des bereits erwähnten Lubienicius, ebenfalls eine Kometenerscheinung stattgefunden. Vom Jahre 1456 ab sind zu den entsprechenden Terminen sicher Kometenerscheinungen beobachtet worden, deren bereits am Eingange dieses Kapitels Erwähnung geschehen ist. Diejenige des Jahres 1682 stellt gewissermaßen den Anfangspunkt der wissenschaftlichen Geschichte dieses Kometen dar, und von da ab finden wir in den Annalen der Kometengeschichte in den Jahren 1759 und 1835 sein Wieder-

erscheinen zu einem ziemlich zutreffenden Zeitpunkte wieder. Interessant war 1859 sein zweimaliges Verschwinden während der Erscheinungsdauer. Gegen das Ende des Jahres 1857 war er noch vor seinem Eintritte in die Sonnennähe entdeckt worden und hatte sich dem Perihel gegen die Mitte des Februar mit Bezug auf seine Ansicht von der Erde aus so sehr genähert, daß er schließlich in den Strahlen der Sonne verschwand, um erst Ende März mit neuem Glanze aus denselben wieder hervorzutreten. Am 22. April verschwand er für die nördliche Erdhälfte abermals und stieg bis tief in die südlichen Regionen hinab, von wo er aber schon am 28. April sich wieder gegen den Aequator erhob und neuerdings am nördlichen Himmel sichtbar wurde. Anfangs Juni verlor er sich ganz in ferne Weltregionen, in denen ihn kein Teleskop mehr erreichen konnte. Die nächste Erscheinung dieses Kometen in seiner Sonnennähe war für die ersten Tage des November 1835 (4. und 7.) vorausberechnet worden; doch sollte er schon im August desselben Jahres diesen Berechnungen zufolge sichtbar werden und im Oktober seine Erdnähe in einer Entfernung von ungefähr 5 Millionen Meilen erreichen. Im November sollte er dann für die nördliche Halbkugel verschwinden, auf der südlichen noch längere Zeit sichtbar und endlich Anfang 1836 auch in Europa wieder sichtbar werden, um bald darauf ganz zu verschwinden. In der That wurde der Komet am 5. August in Rom zuerst erblickt, war aber so schwach zu sehen, daß er in den hellen Mondnächten jener Tage für einige Zeit wieder unsichtbar wurde. Mit dem Dunkelwerden der Nächte aber trat er mit erhöhtem Glanze wieder hervor und vollendete seinen Umlauf in demjenigen Teil der Bahn, der für die Beobachtungen der Astronomen in Betracht kam, in allen Punkten ziemlich genau zutreffend nach den Angaben der Berechnung; nur der Durchgang durch das Perihel erfolgte etwas später, als man erwartet hatte. Die nächste Erscheinung des Halleyschen Kometen ist nunmehr im Jahre 1910 zu erwarten, und sein Durchgang durch das Perihel ist für den 24. Mai vorausberechnet worden. Infolge der Einwirkung des Jupiter auf seine Bewegung soll diesmal seine Umlaufszeit um 679 Tage verkürzt und seine Bahn im Sinne einer beträchtlichen Annäherung an die Erde verschoben werden. Während der Komet 1835 noch 20 Millionen km von der Erdbahn entfernt war, wird er derselben 1910 bis auf $2^1/_2$ Millionen km nahe kommen, der Erde selbst aber nur bis auf 37 Millionen km sich nähern.

Ein sehr häufiger Gast an unserem Himmel ist der Enckesche Komet, der 1818 in Marseille entdeckt und von dem Direktor Johann Franz Encke (1791—1865) der Berliner Sternwarte aufs genaueste berechnet worden ist. Die Umlaufszeit dieses Kometen, der bereits gegen Ende des vorigen und zu Anfang unseres Jahrhunderts wiederholt gesehen worden war, ohne daß sein Erscheinen innerhalb der kurzen Frist je eines Jahrzehntes aufgefallen wäre, hat eine außerordentlich kurze Umlaufszeit von ungefähr $3^1/_3$ Jahren und eine Bahn, deren halbe große Achse zur Zeit nur 2,2, die halbe kleine nur 1,2 des Erdbahnhalbmessers beträgt. Seine größte Entfernung von der Sonne beläuft sich auf 4,1, die kleinste auf 0,3 Erdbahnhalbmesser. Seitdem man seine Periodicität erkannt hat, ist keiner seiner Erscheinungstermine vorübergegangen, ohne daß der Komet nicht gesehen worden wäre. Er gehört übrigens zu den kleinen und schwachen Kometen und läßt nur bei sehr schräger Stellung zur Gesichtslinie des Beobachters eine Schweifbildung erkennen, während er sonst kugelförmige Gestalt zeigt.

Zu erwähnen ist noch der von dem österreichischen Offizier Biela 1826 entdeckte und nach ihm benannte Bielasche Komet, der mit den 1772 und 1806 beobachteten identisch ist. Er stellte sich als eine Nebelmasse ohne Schweif dar, und seine Umlaufszeit wurde vom Beobachter auf etwas über $6^1/_2$ Jahre geschätzt. Alexander von Humboldt schreibt über diesen Kometen in seinem „Kosmos": „Seit dem Erscheinen des astronomischen Teiles meines Naturgemäldes hat die Kometenwelt ein Ereignis dargeboten, dessen bloße Möglichkeit man vorher kaum geahnt hätte. Der Bielasche Komet hat sich in zwei Kometen von ähnlicher Gestalt, doch ungleicher Dimension, beide mit Kopf und Schweif, geteilt. Sie haben sich, solange man sie beobachten konnte, nicht wieder vereinigt, und sind besonders fast parallel miteinander fortgeschritten. Am 19. Dezember 1845 hatte Hind in dem ungeteilten

Kometen schon eine Art Protuberanz gegen Norden bemerkt; aber am 21. war noch (nach Enckes Beobachtung in Berlin) von einer Trennung nichts zu sehen. Die schon erfolgte Trennung wurde in Nordamerika zuerst am 29. Dezember 1845, in Europa erst um die Mitte und das Ende des Januars 1846 erkannt. Der neue kleinere Komet ging nördlich voran. Der Abstand beider war anfangs drei, später sechs Minuten. Die Lichtstärke wechselte, so daß der allmählich wachsende Nebenkomet eine Zeitlang den Hauptkometen an Lichtstärke übertraf. Die Nebelhüllen, welche jeden der Kerne umgaben, hatten keine bestimmten Umrisse; die des größeren Kometen zeigten sogar gegen Südsüdwest eine lichtschwache Anschwellung, aber der Himmelsraum zwischen den beiden Kometen wurde in Pulkowa (bei Petersburg) ganz nebelfrei gesehen. Einige Tage später hat Leutnant Maury in Washington in einem neunzölligen Münchener Refraktor Strahlen bemerkt, welche der größere, ältere Komet dem kleineren, neuen, zusandte, so daß etwas wie eine brückenartige Verbindung eine Zeitlang bestand. Am 24. März war der kleinere Komet wegen zunehmender Lichtschwäche kaum noch zu erkennen. Man sah nur noch den größeren bis zum 16.—20. April, wo dann auch dieser verschwand. Ich habe diese wundersame Erscheinung in ihren Einzelheiten beschrieben, soweit dieselbe hat beobachtet werden können. Leider ist der eigentliche Akt der Trennung und der kurzvorhergehende Zustand des älteren Kometen der Beobachtung entgangen. Ist der abgetrennte Komet uns nur unsichtbar geworden wegen Entfernung und großer Lichtschwäche, oder hat er sich aufgelöst? Wird er als Begleiter wieder erkannt werden und wird der Bielasche Komet bei anderen Wiedererscheinungen ähnliche Anomalien darbieten?"

Die Antwort auf diese Frage Humboldts erfolgte 1852, als nach einmaligem Umlaufe um die Sonne der Bielasche Komet wieder erschien und in seinem Gefolge auch der von ihm abgezweigte Nebenkomet; doch hatten sich die beiden schon nahezu an $2^1/_2$ Millionen Kilometer von einander entfernt. Zum Zeitpunkte der nächsten Wiederkehr (1859) wurden sie am Himmel nicht wieder aufgefunden, und man schrieb dies ihrer für die Beobachtung ungünstigen Lage zur Erde zu; als man aber auch 1865 und 1872 vergeblich auf ihre Wiederkehr wartete, mußte man annehmen, daß sie sich gänzlich aufgelöst hätten, und man nimmt an, daß der herrliche Sternschnuppenregen, der am 27. November 1872 niederging, zu einem Zeitpunkte, da die Erdbahn mit der berechneten Bahn des Bielaschen Kometen sich kreuzten, als das Schlußkapitel in der Geschichte dieses Kometen zu betrachten sei. Derselbe hatte sich eben in einen Meteoritenschwarm aufgelöst, der in der Bahn des früheren Kometen seinen Umlauf fortsetzte und — ganz oder teilweise — in den Bereich der Anziehungskraft der Erde geriet, die einen größeren oder kleineren Teil seiner Masse ergriff und zum Niederstürzen und Verglühen brachte. Der Astronom Klinkerfues in Göttingen geriet beim Anblicke des erwähnten Sternschnuppenfalles, der das Schauspiel eines Riesenfeuerwerkes mit etwa 18000 platzenden Feuerwerkskörpern in der Stunde darbot, sofort auf den Gedanken, daß, wenn dieser Meteoritenschwarm wirklich ein Rest des Bielaschen Kometen war, dieser unmittelbar hinterher bei einem bestimmten Stern im südlichen Sternbild des Centauren noch als abziehende Lichtwolke bemerkbar sein müsse. Er telegraphierte sofort an den Astronomen Pogson in Madras in Vorderindien und forderte diesen auf, den Bielaschen Kometen bei dem betreffenden Sterne zu suchen. In der That fand Pogson an dem bezeichneten Orte ein Kometengebilde, das sich — einer allerdings nicht mit voller Genauigkeit angestellten Berechnung zufolge — in der alten Bahn des Bielaschen Kometen bewegte.

Solche Teilungen und Auflösungen von Kometen sind übrigens sowohl schon in früherer als auch noch in späterer Zeit wiederholt beobachtet worden. So löste sich 1889 ein von Barnard entdeckter schwacher Komet in vier selbständige Teile auf; ein im September 1882 erschienener großer Komet war, nachdem er durch sein Perihel gegangen war, plötzlich von einem kleinen Kometen begleitet, der anfangs noch durch eine gemeinsame Nebelhülle mit jenem verbunden war, dann aber gänzlich von ihm sich trennte und bald darauf verschwand, während der Kern des Stammkometen sich in fünf Teile spaltete, deren gegenseitige Entfernung mit der Zeit zunahm.

Die teleskopischen Kometen, das sind solche, die überhaupt nur im Fernrohr sichtbar werden, übertreffen an Zahl ganz bedeutend die sogenannten großen, auch dem unbewaffneten Auge sichtbaren, und während von diesen nach den vorhandenen Aufzeichnungen seit Beginn unserer Zeitrechnung etwa 500 gesehen worden sind, so daß durchschnittlich eine solche Kometenerscheinung auf je vier Jahre zu rechnen ist, hat man manches Jahr sechs und noch mehr teleskopische Kometen beobachtet. Bei diesen letzteren ist nur selten ein deutlich erkennbarer Schweif zu bemerken; in der Regel stellen sie sich als verwaschene nebelähnliche Massen dar, die sich in höherem oder geringerem Maße der Kugelform nähern, häufig eine geringe Verdichtung gegen die Mitte hin erkennen lassen, mitunter auch mehrere sternartige Kerne enthalten und in solchen Fällen, wo ihre unscheinbare Gestalt nur durch ihre große Entfernung verursacht wird und eine Annäherung ihrer Bahn an Sonne und Erde stattfindet, sich schließlich zu großen Planeten entwickeln.

Die Kometenbahnen stellen sich durchgehends (sofern die Kometen für die Beobachtung und mit Beziehung auf das Sonnensystem nicht nur als vorübergehende Erscheinungen auftreten und ihre Bahn infolgedessen keine geschlossene Kurve darstellt, sondern im unendlichen Weltraume sich verliert) als Ellipsen dar, deren Brennpunkte weit voneinander entfernt sind, deren lange Achse somit ein Vielfaches der kurzen beträgt. Im Gegensatze zu den Planetenbahnen, die mehr oder weniger konzentrischen Kreisen mit der Sonne als gemeinsamem Mittelpunkt ähneln, streben die Kometenbahnen nach allen Richtungen auseinander und treffen nur in ihren Perihelien innerhalb eines engen Raumes zusammen, da hier die Sonne ihren gemeinschaftlichen Brennpunkt bildet. Eine genaue Bestimmung der Kometenbahn ist sehr schwierig, weil immer nur ein verhältnismäßig kleines Stück derselben verfolgt werden kann, und dieses Stück immer in die Sonnennähe des betreffenden Kometen fällt, also in jenen dem Brennpunkte nahen Teil der Ellipse, wo diese der Parabel und Hyperbel am ähnlichsten ist, so daß sich der wahre Charakter der Kegelschnittslinie, der die Kometenbahn entspricht, schwer erkennen läßt. Es scheint jedoch sehr wahrscheinlich, daß der größte Teil der Kometen eine parabolische Bahn*) beschreibt, so daß nur eine einmalige Annäherung an die Sonne stattfindet, worauf die betreffenden Kometen in den unbestimmten Raum, aus welchem sie gekommen sind, wieder zurückkehren, falls sie sich nicht gänzlich auflösen oder anderweitige kosmische Verbindungen eingehen. Von den periodischen, d. h. auf ihrer elliptischen Bahn immer wieder in die Sonnennähe zurückkehrenden Kometen, deren bis jetzt etwa 50 hinsichtlich der Verhältnisse ihrer Bahnen mehr oder weniger genau beobachtet worden sind, überschreiten alle die Bahnen der Planetoiden, einige, wie der Fayesche von 1843, diejenige des Jupiter, noch andere, wie der Halleysche und der Olberssche von 1815, diejenige des Neptun. Die Umlaufszeit derjenigen 13 Kometen, bezüglich deren die Richtigkeit der Bahnberechnung durch wiederholte Beobachtung bei ihrem Wiedererscheinen festgestellt ist, beträgt:

Enckescher Komet (beobachtet seit 1786)	3,31 Jahre,
Tempelscher Komet III (1873) . . .	5,21 „
Tempel-Swiftscher Komet (1869) . .	5,51 „
Brorsenscher Komet (1846)	5,46 „
Winneckescher Komet (1858)	5,81 „
Tempelscher Komet I (1867) . . .	6,51 „
Bielascher Komet (1772)	6,60 „
d'Arrestscher Komet (1851)	6,69 „
Fayescher Komet (1843)	7,57 „

*) Wenn wir uns drei Kometenbahnen mit gemeinschaftlichem Perihel denken, von denen die eine elliptisch, die andere parabolisch und die dritte hyperbolisch ist, so wird sich die letztere in ihrem weiteren Verlaufe am meisten von der elliptischen entfernen, die parabolische zunächst etwa die Mittelrichtung zwischen den beiden anderen einhalten. Im Perihel aber scheinen sich alle drei für den Beobachter, der im Weltraume nur ungenügende Anhaltspunkte für genaue Bestimmung der Bahnrichtungen hat, eine gute Strecke weit zu decken.

Tuttlescher Komet (1858)	13,76	Jahre
Pons-Brooksscher Komet (1812) . .	71,48	„
Olbersscher Komet (1815)	72,63	„
Halleyscher Komet (12 v. Chr.). . .	76,37	„

Mit einiger Sicherheit bestimmt sind die Bahnen und Umlaufszeiten nachstehender Kometen, deren Prüfung bei ihrem Wiedererscheinen jedoch noch aussteht:

Tempelscher Komet (1866)	31,90	Jahre,
Westphalscher Komet (1852)	60,70	„
de Vicoscher Komet (1846)	73,70	„
Brorsenscher Komet (1847)	75,00	„

Der 1770 zuerst erschienene Komet Lexell, für welchen eine Umlaufszeit von 5,58 Jahren berechnet worden war, konnte später nicht wieder aufgefunden werden, weil er, wie von Burckhardt nachgewiesen wurde, drei Jahre vor seinem Erscheinen (im Jahre 1767) dem Jupiter so nahe gekommen war, daß dieser ihn erst in jene enge, auf so kurze Umlaufszeit berechnete Bahn hineingezogen hatte und, als er 1779 wieder zwischen diesem Planeten und dessen Monden hindurch ging, durch dessen starke Anziehungskraft, die auf ihn mit der 24fachen Kraft der Sonnenanziehung in entgegengesetzter Richtung wirkte, abermals in eine neue, uns völlig unbekannt gebliebene Bahn hineingeworfen wurde.

Alle Kometenspektren, die bisher beobachtet worden sind, zeigten die drei hellen, dem Kohlenwasserstoff entsprechenden Banden, solche, die in die Nähe der Sonne kommen, während der Zeit, in der sie ihr Perihel durcheilten, auch noch eine Reihe heller Linien, unter denen diejenigen des Natriums besonders lichtstark hervortraten. Unsere Tafel der Sternspektren enthält Abbildungen vom Spektrum des Enckeschen Kometen und des großen Septemberkometen von 1882. Die von Thollon und Gouy in Nizza vorgenommenen Untersuchungen des letzteren zeigten eine Reihe heller Linien und ein darüber gelagertes, recht helles, kontinuierliches Spektrum, das auf der violetten Seite sich sehr weit erstreckte. Außerdem war auch noch das gewöhnliche Atmosphärenspektrum mit seinen Fraunhoferschen Linien deutlich wahrnehmbar, und es fiel daher sofort auf, daß die hellen Natriumlinien des Kometen gegenüber den Natriumlinien der Atmosphäre um $1/5$ bis $1/4$ ihrer Distanz gegen das rote Ende hin verschoben waren. Thollon und Gouy schlossen daraus, daß sich der Komet von der Erde entferne, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 61 bis 76 km in der Sekunde. Diese Voraussage bestätigte sich später, als die Bahn des Kometen bekannt wurde, vollinhaltlich; denn nach derselben entfernte er sich in den Nachmittagsstunden des 18. September in der That mit einer ähnlichen Geschwindigkeit von der Erde. Gegen Ende September nahmen aber die Natriumlinien sowie die übrigen hellen Linien und auch das kontinuierliche Spektrum rasch an Intensität ab, dafür trat jedoch das gewöhnliche Bandenspektrum des Kohlenwasserstoffes immer deutlicher hervor, so daß Prof. Vogel schon am 7. Oktober dieses Spektrum mit dem des Leuchtgases direkt vergleichen konnte, wobei es sich demselben absolut identisch zeigte. Diese Beobachtungen sind für die Erkenntnis der Vorgänge im Innern eines Kometen bei beträchtlicher Annäherung an die Sonne von großer Bedeutung, denn sie geben deutlichen Aufschluß über die Beweglichkeit und Veränderlichkeit der Kometenmaterie.

Nach allem hier und schon vorher Gesagten haben wir die Kometen als Ueberbleibsel der kosmischen Masse zu betrachten, aus denen unser und vielleicht auch benachbarte Sonnensysteme gebildet worden sind und auf welche neben der Anziehungskraft der Sonne, der Planeten und anderer Himmelskörper auch noch elektrische Kräfte ihre Wirkung ausüben. Von der nahen Verwandtschaft der Kometen mit den Meteoriten ist bereits die Rede gewesen. Wir wollen uns nun der Betrachtung dieser letzteren zuwenden.

Sechstes Kapitel.

Die Meteoriten.

Ziemlich häufig sieht man bei Nacht und manchmal auch bei Tage am Himmel helle Wölkchen aufleuchten, aus welchen eine mit großer Geschwindigkeit sich bewegende Feuerkugel hervortritt. Diese entwickelt einen mehr oder weniger langen und glänzenden Schweif und verschwindet manchmal wieder geräuschlos, manchmal zerplatzt sie auch mit starkem Krach. Trümmer solcher Feuerkugeln sind schon häufig aufgefunden oder wenigstens die Stelle entdeckt worden, an der sie zur Erde niedergefallen waren. Man nennt diese Körper Meteoriten oder kurzweg Meteore, auch Meteorsteine oder Aërolithen (Luftsteine). Eine solche Erscheinung ist u. a. am 17. März 1899 an vielen Orten der Ostsee-Provinzen und auch im südlichen Finnland beobachtet worden. Die Gegenden, über welche dieses große und ungewöhnlich lichtstarke Meteor in anscheinend niedrigem Fluge und mit großer Schnelligkeit in der Richtung von Süd-Südwest gegen Nord-Nordost sich bewegte, erschienen in weitem Umkreise tageshell erleuchtet. Dieses Meteor oder mindestens ein größerer Bruchteil desselben fiel in der Stensbölle-Föhrde nieder, schlug das meterdicke Eis durch und bohrte sich in den schlammigen Grund der Föhrde ein. Das Erlöschen desselben erfolgte nach einer außerordentlich starken, alle Gebäude in der nächsten Umgebung erschütternden Detonation, und am nächsten Morgen fand man im Eise ein Loch von 5—6 m im Durchmesser und die Eisdecke da, wo sie unversehrt geblieben war, in weitem Kreise mit dem Schlamm des Grundes der an jener Stelle kaum $1^1/_2$ m tiefen Föhrde bespritzt. Zur Auffindung und Bergung des Meteors sind sofort alle nötigen Anstalten getroffen worden.



Meteorkugel.

Derartige Erscheinungen sind in alter und neuerer Zeit vielfach beobachtet worden, nur über ihre Ursache blieb man bis in die neueste Zeit im Irrtum. Die griechischen Naturphilosophen waren geteilter Meinung hierüber. Während sie die einen — nach Plutarch — nicht als Auswürfe und Abflüsse des ätherischen Feuers, das nach ihrer Meinung die Welt umfloß, sondern als das Niederfallen himmlischer Körper auffaßten, die infolge des Nachlassens ihrer Schwungkraft auf die Erde und auch in das große Meer außerhalb derselben fielen, in welchem Falle man sie dann nicht wiederfinden konnte, lehrte Anaxagoras, daß dieser feurige Aether durch die Stärke des Umschwunges Felsstücke von der Erde abreiße, sie entzünde und zu Sternen (bezw. Meteoren) mache. Diogenes von Apollonia kam der gegenwärtigen Anschauung ziemlich nahe, indem er unsichtbare Sterne annahm, die sich zu-

sammen mit dem sichtbaren im Himmelsraume bewegen und oft auf die Erde herabfallen und erlöschen, wie jener „steinerne Stern", der 465 v. Chr. bei Aegos-Potamos*) flammend herniedergefallen sei. Was diesen Stein betrifft, so erzählt darüber Daimachos, daß er einer 70 Jahre lang ununterbrochen am Himmel sichtbaren feurigen Wolke entsprossen sei, die Funken wie Sternschnuppen ausgesprüht und endlich, sich senkend, den genannten Stein als ein nur unbedeutendes Bruchstück ihrer Masse habe zu Boden fallen lassen. Plinius spricht von dem gebrannten Aussehen der Rinde der Meteorsteine. Der Volksglaube hielt dieselben für Sonnen- oder Mondsteine, und man glaubte besonders bei Mondfinsternissen einen stärkeren Fall von Meteormassen erwarten zu sollen. Die älteste unzweideutig beglaubigte Nachricht über einen Meteorfall enthalten die chinesischen Annalen aus dem Jahre 694 v. Chr., und bis 33 n. Chr. verzeichnen dieselben weitere 16 Fälle. Auch die Volkssage hat sich dieses Phänomens bemächtigt; nach einer mongolischen Volkssage soll nahe an den Quellen des Hoango des westlichen China ein 13 m hohes schwarzes Felsstück vom Himmel gefallen sein, und auch jener vom Islam so hochverehrte Stein in der Kaaba zu Mekka, der als das höchste Heiligtum aller Mohammedaner gilt, wird als vom Himmel gekommen bezeichnet. In Amerika sahen die Begleiter des Eroberers von Mexiko, Ferdinand Cortes, einen Aërolithen, der auf die Tempelpyramide von Cholula gestürzt war — kurz — seit dritthalbtausend Jahren wissen, wie Humboldt in seinem „Kosmos" hervorhebt, die Ueberlieferungen der Völker von solchen Steinfällen zu erzählen, und dennoch hat man bis auf die neueste Zeit diese so bedeutungsvolle kosmische Erscheinung ziemlich unbeachtet gelassen oder höchstens zum Gegenstande des Aberglaubens gemacht, seine wahre Natur aber, deren richtiger Erkenntnis, wie eben erwähnt, die alten Griechen nahe gekommen waren, nicht geahnt. Interessant ist, was Moitessier in seinem Werke „L'Air" über die Auffassung mitteilt, die man in wissenschaftlichen Kreisen Frankreichs gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts mit Bezug auf die Meteoriten hatte.



Meteorfall.

Im Jahre 1768 hatten drei Meteoritenfälle in Frankreich stattgefunden: der eine im Departement Maine, der andere in der Landschaft Artois und der dritte in der Normandie. Die gegenseitige Vergleichung der gefallenen Meteoriten sowie der Erscheinung an

*) Aegos-Potamos (griech. s. v. w. Ziegenfluß) am Hellespont, der berühmte Schauplatz des Seesieges der Spartaner über die Athener, 405 v. Chr., der den ersteren zur Obmacht über Griechenland verhalf, birgt einen Meteorstein, der um die Zeit der Geburt des Sokrates gefallen war, und im ganzen Altertum hoher Berühmtheit sich erfreute. Der Stein soll die doppelte Größe eines Mühlsteines und das Gewicht einer vollen Wagenlast gehabt haben, ist aber bis jetzt nicht wieder aufgefunden worden.

sich ergab eine so große Aehnlichkeit in allen Einzelheiten, daß alle Welt darauf aufmerksam wurde und die Pariser Akademie der Wissenschaften eine aus dreien ihrer Mitglieder gebildete Kommission ernannte, unter denen sich auch der berühmte Chemiker Lavoisier befand. Diese Kommission beschäftigte sich vornehmlich mit dem Meteorfall bei Lucé im Departement Maine, ihre Untersuchung dieses Falles ergab, daß man in der Nähe der genannten Ortschaft am 13. September 1768 gegen $4\frac{1}{2}$ Uhr nachmittags eine Sturmwolke habe erscheinen sehen, aus welcher ein harter, einem Kanonenschusse nicht unähnlicher Donnerschlag erscholl, worauf sich ein heftiges Brausen vernehmbar machte, das merkwürdigerweise (wir folgen hier dem Berichte Moitessiers) von mehreren Personen für das Schnauben oder Brüllen eines Rindes gehalten wurde. Mehrere Landleute, die mit den Erntearbeiten im Kirchspiel von Périgné, drei Meilen von Lucé, beschäftigt waren, hatten dasselbe Geräusch vernommen, blickten in die Höhe und sahen einen undurchsichtigen Körper im Bogen auf eine Wiese nächst der Straße von Mans, an der ihr Arbeitsfeld lag, niederfallen. Sie liefen alle eiligst hinzu und fanden einen steinähnlichen Körper vor, der sich ungefähr zur Hälfte in den Boden eingesenkt hatte; derselbe war aber so glühend heiß, daß es unmöglich war, ihn anzufassen. Infolgedessen faßte sie ein Schrecken und sie ergriffen die Flucht; als sie aber nach einiger Zeit wieder zurückkehrten, fanden sie den Stein noch immer an derselben Stelle und genügend abgekühlt, um befühlt und näher untersucht werden zu können. Dieser Bericht war in aller Form gegeben, die Zeugen hatten den Stein selbst fallen sehen. Nichtsdestoweniger zog es die Kommission, beherrscht von den Vorurteilen ihrer Zeit, vor, zur Erklärung der Erscheinung eine ganze Reihe sehr verwickelter und weither geholter Annahmen zu konstruieren: „Wir glauben", so sagte sie, „den Schluß ziehen zu müssen, daß der Stein nicht vom Himmel gefallen ist .... uns dünkt es am wahrscheinlichsten und am meisten in Uebereinstimmung mit den Grundsätzen der Physik und unseren eigenen Erfahrungen zu sein, daß dieser Stein, der vielleicht von einer Schichte Erde oder Rasen bedeckt war, von einem Blitzschlage getroffen worden sei und daß er auf diese Weise erst sichtbar gemacht worden sei." Der Umstand, daß drei solche Meteore in demselben Jahre niedergegangen, und daß dieselben einander sehr ähnlich waren, verursachte den Kommissaren wenig Kopfzerbrechen. Sie meinten, er sei daraus zu erklären, daß der Blitz mit Vorliebe in kiesartige Stoffe einschlage. Nach dieser Erklärung, die von so berufener Seite abgegeben worden war, wagte man lange Zeit nicht mehr auf derartige Dinge zurückzukommen, und wenn von Zeit zu Zeit die guten Bauern vom Falle eines Aërolithen zu berichten wußten, so wurde das als der Gipfel des Aberwitzes betrachtet. Erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts versuchte der deutsche Physiker Chladny*) (es ist, wohl verstanden! der französische Gelehrte, der diese Thatsache hervorhebt) in die Sache Klarheit zu bringen, und die gelehrte Welt folgte mit lebhaftem Interesse seinen Ausführungen und erwartete mit Ungeduld die Gelegenheit, deren Richtigkeit erkennen zu lernen. Als dann am 18. April 1803 ein förmlicher Steinregen über der kleinen Stadt Laigle in der Normandie niederging, beauftragte die Pariser Akademie der Wissenschaften ihr Mitglied Joh. Baptist Biot mit der Untersuchung der Sache. Humboldt hat einen Auszug aus dem betreffenden Berichte Biots gebracht, welchem wir das Nachstehende ent-

*) Ernst Chladny (1756—1827), ein gebürtiger Wittenberger, zählt zu den ausgezeichnetsten Physikern Deutschlands und machte sich namentlich durch akustische (die Schalllehre betreffende) Entdeckung — er ist u. a. der Erfinder der „Klangfiguren" — verdient. Er erkannte die wahre Natur der Meteoriten als außerirdischer Körper und bewirkte durch sein Eintreten für diese Anschauung dessen Anerkennung in der wissenschaftlichen Welt, wenn auch nicht ohne hartnäckigen Widerspruch von mancher Seite. So erklärte ein Gelehrter, wenn er einen solchen Stein zu seinen eigenen Füßen niederfallen sähe, so würde er erklären, er habe es zwar gesehen, glaube es aber nicht; und ein anderer verstieg sich gar zu der Aeußerung, Chladny zähle eben zu denjenigen, welche alle Weltordnung leugnen und nicht bedenken, wie sehr sie an allem Bösen in der moralischen Welt schuld sind. Daß Querköpfe von dieser Sorte auch heute noch unter uns wandeln, beweist, daß in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts ein Pfarrer Knaack noch den Versuch wagte, das Stillstehen der Erde und die Bewegung der Sonne um diese aus dem bekannten Worte Josuas beweisen und als Glaubenssatz hinstellen zu wollen.

nehmen: „Um 1 Uhr Nachmittag sah man in Alençon in Falaise und in Caen einen großen Meteor bei sehr reinem Himmel von Südost gegen Nordwest sich bewegen. Einige Minuten später vernahm man in Laigle während 5—6 Minuten eine aus einer kleinen schwarzen und beinahe unbeweglichen Wolke hervorbrechende Entladung, die von drei oder vier weiteren Detonationen und von einem Geräusch gefolgt war, das man mit Salven von Klein-Gewehrfeuer, gemischt mit dem Gerassel vieler Trommeln, vergleichen konnte. Jede Detonation ließ aus der Wolke Dämpfe hervorbrechen, aus denen sie überhaupt zusammengesetzt schien. Man bemerkte an diesem Orte keinerlei mit dem meteorologischen Ereignis verbundene Lichterscheinung; dagegen fielen mehr als 2000 Meteorsteine auf einer Bodenfläche nieder, die in der Richtung des Meteorfluges etwa 11 km in der Länge maß und die Form einer Ellipse hatte. Alle diese Steine, von denen der größte 17 Pfund wog, waren glühend, ohne zu leuchten, und rauchten. Es wurde festgestellt, daß sie einige Tage nach ihrem Falle noch leichter zerbrochen werden konnten als später."

Seit dieser Zeit nahm man ohne weiteren Widerspruch den außerirdischen Ursprung der Meteoriten an und widmete sich allerseits dem Studium ihres Wesens und ihrer Eigenschaften. Die chemische Untersuchung enthüllte bald ihre innere Zusammensetzung und zeigte, daß nicht alle von gleicher Natur waren, gab aber zugleich die richtigen Mittel an, um sie von allen irdischen Materien zu unterscheiden. Neue chemische Elemente wurden in den Meteoriten nicht gefunden, wohl aber Verbindungen bekannter, wie sie auf der Erde nicht vorkommen, und Merkmale von so eigentümlicher Art, daß man daraus allein schon einen sicheren Schluß auf die außerirdische Herkunft dieser Körper schließen konnte, wenn man sie auch nicht unmittelbar hatte fallen sehen.

Man kann die Meteorsteine in Eisenmeteoriten, die reich an Nickeleisen sind, und in Steinmeteoriten einteilen, die hauptsächlich aus Kieselsäure, Thonerde und Kalk bezw. Verbindungen dieser Stoffe zu Olivin, Broncit und ähnlichen Mineralien bestehen. Eine andere Einteilung ist diejenige in Siderite, die metallisches Eisen allein oder neben anderen Mineralien enthalten, und in Asiderite, in denen das Eisen fehlt. Die Sideriten sind die häufigsten, und unter ihnen kommen wieder am zahlreichsten diejenigen vor, in denen das Eisen körnerartig in die Gesteinsmasse eingesprengt ist. Aetzt man die Schnittfläche eines solchen Meteorsteines mit Säure, so entstehen Zeichnungen, die aus sich kreuzenden Bändern gebildet erscheinen, wie unsere nebenstehende Abbildung dies zeigt. Charakteristisch ist auch die schwarze, glasige Schmelzkruste von sehr geringer Dicke, mit welcher die Meteorsteine überzogen sind. Man kann, wie Neumayr in seiner „Erdgeschichte" schreibt, an der strahligen Bildung dieser Rinde und an der Art und Weise, wie dieselbe bisweilen zu sogenannten „Schmelzwülsten" angeordnet ist, deutlich erkennen, wie der geschmolzene Teil vom stürmischen Luftzuge nach rückwärts geblasen wurde, und kann danach die „Brust", d. h. diejenige Seite des Meteoriten bestimmen, die beim Fluge nach vorn gerichtet war.

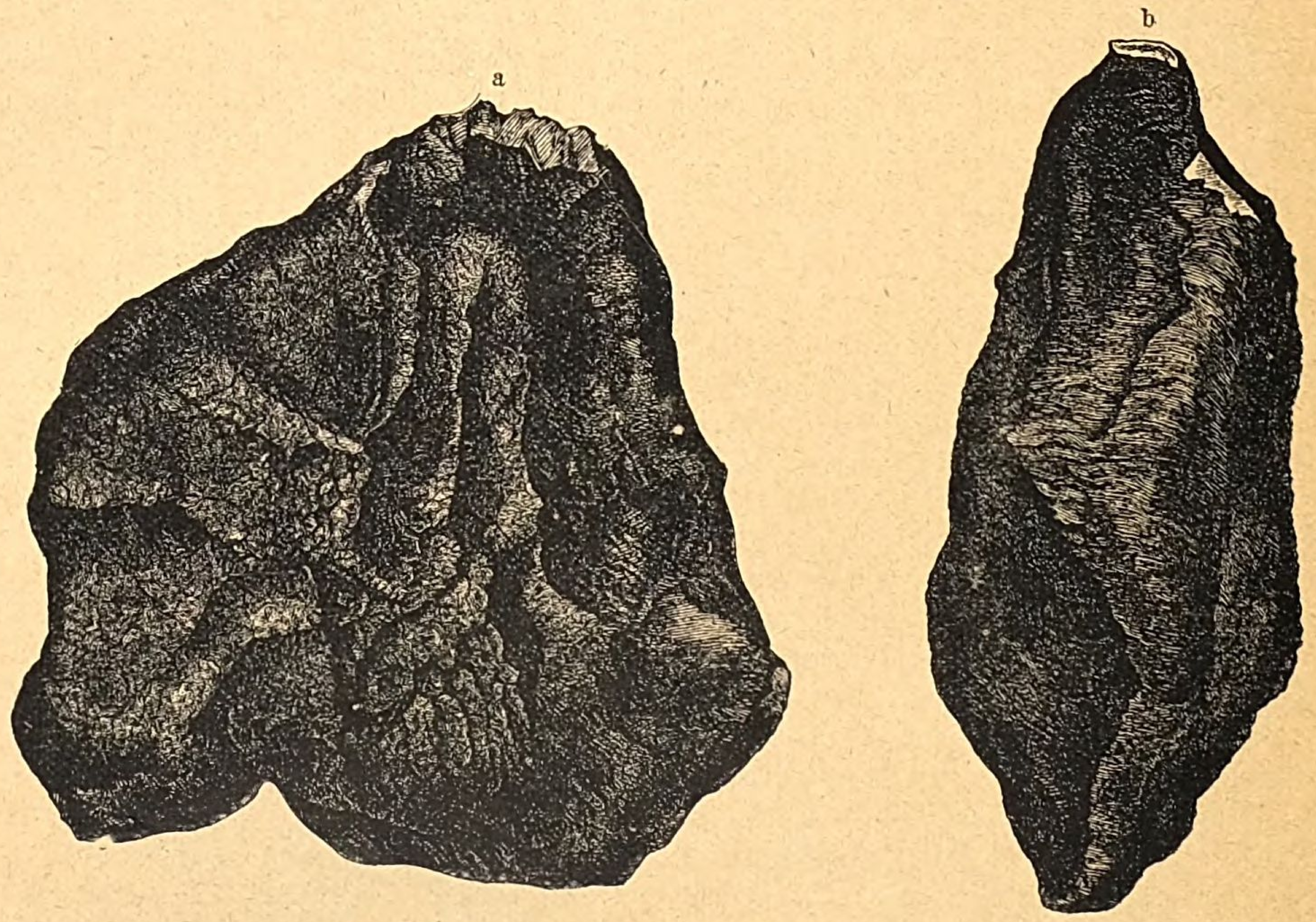


Eisenmeteorit
oder Siderit, geätzt, von Tolucca in Mexiko.

Ein Meteorit, bei welchem dieses Kennzeichen besonders deutlich hervortritt, ist das auf Seite 196 abgebildete, das bei Stannern in Mähren gefunden wurde. Die Abbildung a zeigt die „Brust", die Abbildung b die Seitenansicht dieses Meteors. Die Dünnheit der Schmelzkruste erklärt sich daraus, daß selbst beim Abschmelzen einer größeren Menge der

Substanz die dadurch flüssig werdenden Teile nicht an dem Meteor haften bleiben können, sondern von dem gewaltigen Luftstrome, den der fliegende Körper — ähnlich der Furche eines die Meeresfläche rasch durchschneidenden Dampfers — hinter sich hervorruft, ergriffen und zerstäubt wird, so daß aus diesen feuerflüssigen Teilchen der leuchtende Schweif gebildet wird, den man an Meteoriten häufig beobachtet. Ist der Körper des Meteors von Sprüngen durchzogen, so wird durch den Luftdruck, der von vorn auf den Körper wirkt, die geschmolzene Masse in diese hineingepreßt, und man findet in solchen Fällen Adern der schwarzen glasigen Schmelzkruste, die bis in das Innere des Aërolithen eingedrungen sind.

Wie schon früher gesagt worden ist, wird das Glühen und Schmelzen der Meteoriten durch die Reibung derselben beim Eindringen in die Erdatmosphäre verursacht, die von diesen Körpern mit ungeheurer Geschwindigkeit durchschnitten wird. Neumayr schreibt:



Ein Meteorit vom Steinregen zu Stannern.
Ein ganzer Stein mit ausgezeichneten Schmelzwülsten. (Aus Neumayrs „Erdgeschichte“.)

„Vielmal schneller als der Schall, als die Kugel, welche aus dem Rohre der Kanone fliegt, in vielen Fällen sogar erheblich rascher als die Bewegung der die Sonne umkreisenden Planeten durcheilen sie den Raum, Entfernungen von mehreren Meilen in einer Sekunde zurücklegend. Aber bald erlahmt in der Nähe der Erde dieser Flug; der Widerstand der Luft stellt sich dem Aërolithen entgegen, bis der Antrieb, mit welchem der Stein aus dem Weltraume ankam, verschwunden ist und er, nur noch der Anziehungskraft der Erde folgend, nach dem Gesetze der Schwere mit nicht sehr großer Beschleunigung niederstürzt. Die mechanische Wirkung des Falles auf den Boden ist infolgedessen keine sehr beträchtliche; nur einige sehr schwere Massen wühlen sich wenige Fuß tief in die Erde, meist dringen sie bloß ganz wenig ein, ja, bei dem Steinregen von Pultusk*), welcher nur ziemlich kleine

*) Die Stadt Pultusk liegt im südwestlichen Teil des russisch-polnischen Gouvernements Lomsha. Der Meteorit, der am 30. Januar 1868 dort in Tausenden kleiner Trümmer niederfiel, legte innerhalb der Erdatmosphäre, die doch durch ihren Widerstand seine Geschwindigkeit bedeutend herabmindern mußte, etwa 7,25 Meilen in der Sekunde zurück, während der schnellste aller Planeten

Trümmer lieferte, waren diese nicht im stande, die gefrorene Erdschicht, sogar nicht einmal das Eis des Flusses Narwa zu durchschlagen.

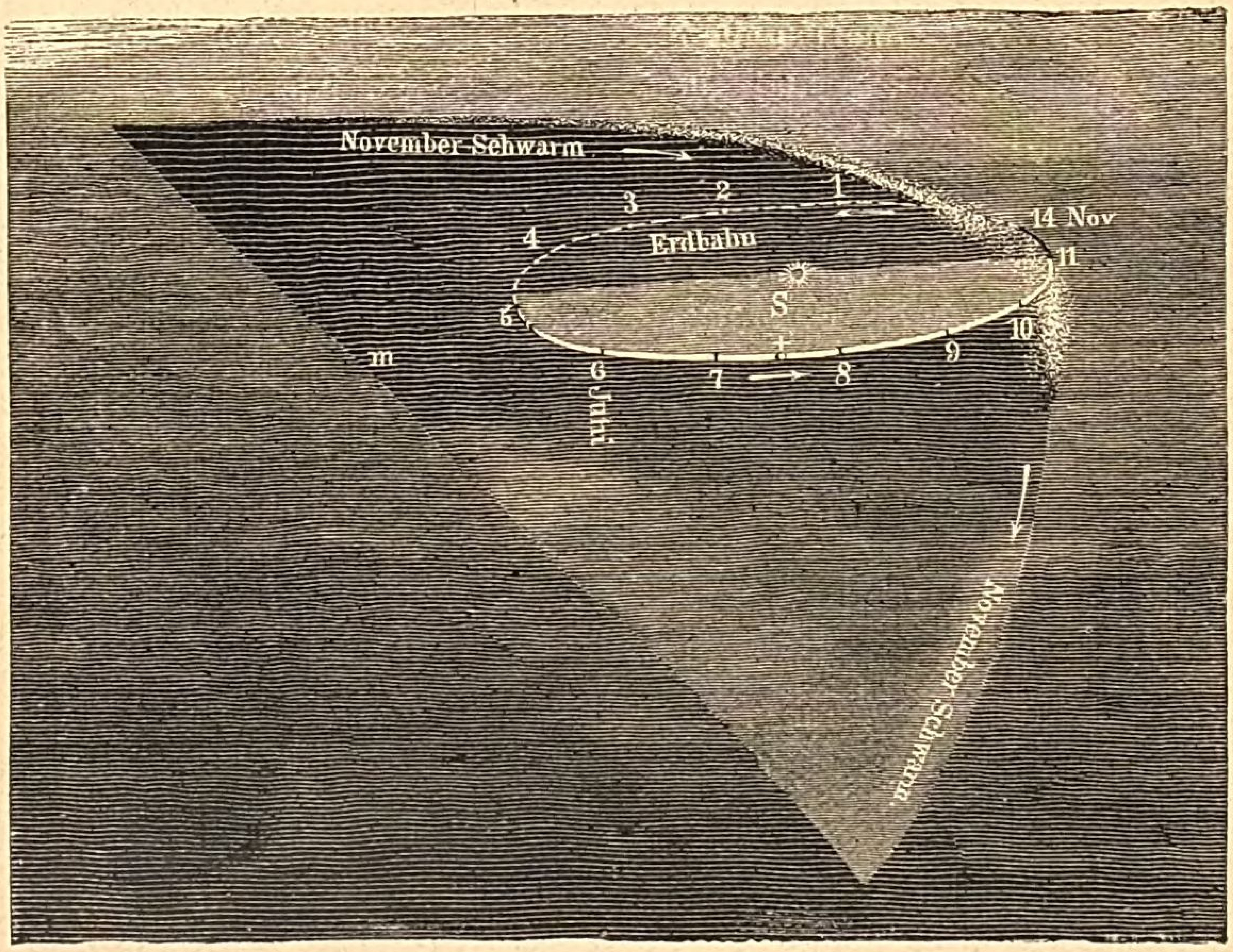
Neumayr erkärt die Erscheinungen, die beim Niederfallen eines Aërolithen beobachtet werden, in folgender Weise: „Bei der Hemmung der kosmischen Geschwindigkeit durch die Atmosphäre (die meist innerhalb weniger Sekunden zur völligen Aufhebung der Kraft des äußeren, kosmischen Antriebes führt) wird eine große Menge lebendiger Kraft vernichtet, die dabei zum Teil unmittelbar in Wärme umgewandelt wird; eine gewisse Erwärmung der Masse wird auf diese Weise jedenfalls eintreten. Vor allem aber drückt der Aërolith in seinem blitzschnellen Fluge die Luft vor sich her in außerordentlich hohem Grade zusammen und läßt hinter sich für einen Augenblick einen sehr stark luftverdünnten, fast luftleeren Raum; durch die gewaltige Kompression (Zusammendrückung) wird die Luft vor dem Meteoriten zu einem Grade wie in unseren Schmelzöfen erhitzt, und indem sie nach dem fast leeren Raume hinter dem Steine abfließt, umgiebt sie diesen mit einer Glutatmosphäre, in welcher er äußerlich zu schmelzen und zu leuchten beginnt. Ist der Lauf beendet, so kühlt sich die glühende Luft momentan ab. Luftsäulen stürzen in den leeren Raum, der sich gebildet hat, und geben Anlaß zu der Hauptdetonation, der dann das Sausen des niederfallenden Steines folgt, vereinigt mit dem Schalle, welchen das Meteor auf früheren Teilen seiner Bahn hervorgerufen hat, und der infolge der rasenden Schnelligkeit des Aërolithen erst nach diesem ankommt, aus derselben Ursache, aus welcher wir bei einem entfernten Gewitter den Donner erst längere Zeit später hören, nachdem wir den Blitz gesehen haben; endlich erreicht der Fremdling aus den fernen Himmelsräumen den irdischen Boden."

Den Meteoriten aufs nächste verwandt und eigentlich nur als eine besondere Erscheinungsform derselben anzusehen sind die Sternschnuppen. Sie kommen weit zahlreicher vor als jene und man kann sie fast in jeder Nacht erblicken. Sie leuchten an allen Stellen des Himmels und über allen Gegenden der Erdoberfläche, am Aequator so gut wie in den Polargegenden und in den gemäßigten Zonen auf, ohne daß der Wechsel der Jahreszeiten auf die Häufigkeit ihrer Erscheinung und die Dichtigkeit des Sternschnuppenfalles einen Einfluß zu üben scheint. Dagegen hat man beobachtet, daß in dieser Beziehung andere Naturverhältnisse von Einfluß sind, auf die wir gleich zu sprechen kommen werden. Zunächst mag erwähnt werden, daß ein massenhafteres Auftreten von Sternschnuppenfällen in unmittelbarem Zusammenhange mit durchgreifenderem Auftreten von Nordlichterscheinungen zu stehen scheint. Alexander von Humboldt erwähnt, daß ihm der russische Admiral Wrangel wiederholt mündlich erklärt habe, daß er an den sibirischen Küsten des Eismeeres häufig beobachtet habe, wie während der Erscheinung des Nordlichtes gewisse Regionen des Himmelsgewölbes, die augenblicklich in Dunkel gehüllt waren, sich in dem Augenblicke, in welchem sie von einer Sternschnuppe durchstrichen wurden, stets sofort entzündeten und dann fortglühten. Ueberhaupt sieht man im hohen Norden häufig Sternschnuppen durch die Strahlen des Nordlichtes schießen. Von weit größerer Bedeutung ist jedoch das seit dem Anfang unseres Jahrhunderts bemerkte Auftreten dichterer Sternschnuppenschwärme an bestimmten Tagen des Jahres. Diese Tage fallen in die Zeit vom 2. und 3. Januar, vom 9. bis 11. und dann wieder vom 20. bis 22. April, vom 25. bis 30. Juli, vom 8. bis 12. und 15. bis 21. August, vom 15. bis 23. Oktober, vom 11. bis 14. November und vom 7. bis 13. Dezember. Unter diesen Zeiten dichterer Sternschnuppenfälle treten wieder besonders hervor diejenigen, die in die Zeit um den 10. August und um den 13. November fallen. Die Sternschnuppen des 10. August (der sogenannte Laurentiusstrom) scheinen alle ihren Ursprung in einem Punkte des Sternbildes des Perseus (vergl. die Sternkarte) zu haben, und sie sind in den aufeinander folgenden Jahren bald reichlicher, bald wieder spärlicher, ohne daß sich jedoch bemerkbare Unterschiede geltend machten. Dagegen tritt

---

unseres Sonnensystems, der Merkur, sich nur mit einer Geschwindigkeit von 6,41 Meilen in der Sekunde fortbewegt.

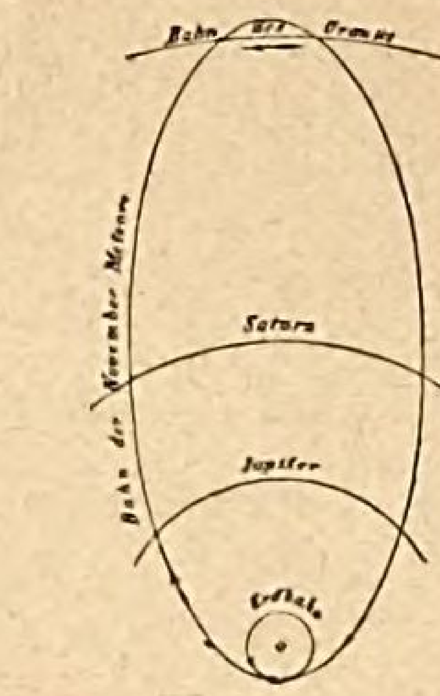
hinsichtlich der Sternschnuppen des 13. November, deren Ausgangspunkt im Sternbild des Löwen gelegen ist, insofern eine gewisse Periodicität zu Tage, als sie in Zwischenräumen von 32—34 Jahren ganz besonders stark auftreten und dann während der drei folgenden Jahre merklich an Intensität einbüßen. Im Jahre 1799 wurde auf der ganzen nördlichen Erdhalbkugel der November-Sternschnuppenfall in ganz ungewöhnlicher Pracht und Fülle gesehen, und Humboldt, der diese Erscheinung in Cumana an der Küste von Venezuela beobachtete, erzählt, daß vier Stunden hindurch tausende von Feuerkugeln und Sternschnuppen niedergegangen seien, und daß zu Anfang der Erscheinung kein drei Monddurchmesser großes Stück am Himmel zu sehen war, das nicht jeden Augenblick von Feuerkugeln und Sternschnuppen gewimmelt hätte. Nach der Aussage älterer Bewohner jener Gegend soll, wie Humboldt berichtet, kurz vor dem furchtbaren Erdbeben von 1766, also 33 Jahre vor dem eben erwähnten Sternschnuppenfalle, ein Himmelsfeuerwerk von gleicher Großartigkeit dort gesehen worden sein. Auf den Sternschnuppenfall von 1799 folgten wieder besonders reiche in den Jahren 1831 bis 1834; doch wurden diejenigen der beiden erstgenannten Jahre nur in Europa, die von 1833 und 1834 nur in den Vereinigten Staaten von Nordamerika sichtbar. Am stärksten war der Sternschnuppenfall von 1833 in Nordamerika, wo man während der Nachtstunden von 9 Uhr abends bis 7 Uhr morgens eine halbe Million Sternschnuppen gesehen haben will; während dieser ganzen Zeit änderte sich der scheinbare Ausgangspunkt des Falles nicht mit der Achsendrehung der Erde, sondern blieb unverrückt im Sternbilde des Löwen. Im Jahre 1866 trat aufs neue eine großartige Entfaltung des November-Sternschnuppenfalles ein, und auch diesmal schien der gemeinsame Ursprung der Sternschnuppen im Sternbilde des Löwen zu liegen.



Der Novemberschwarm.

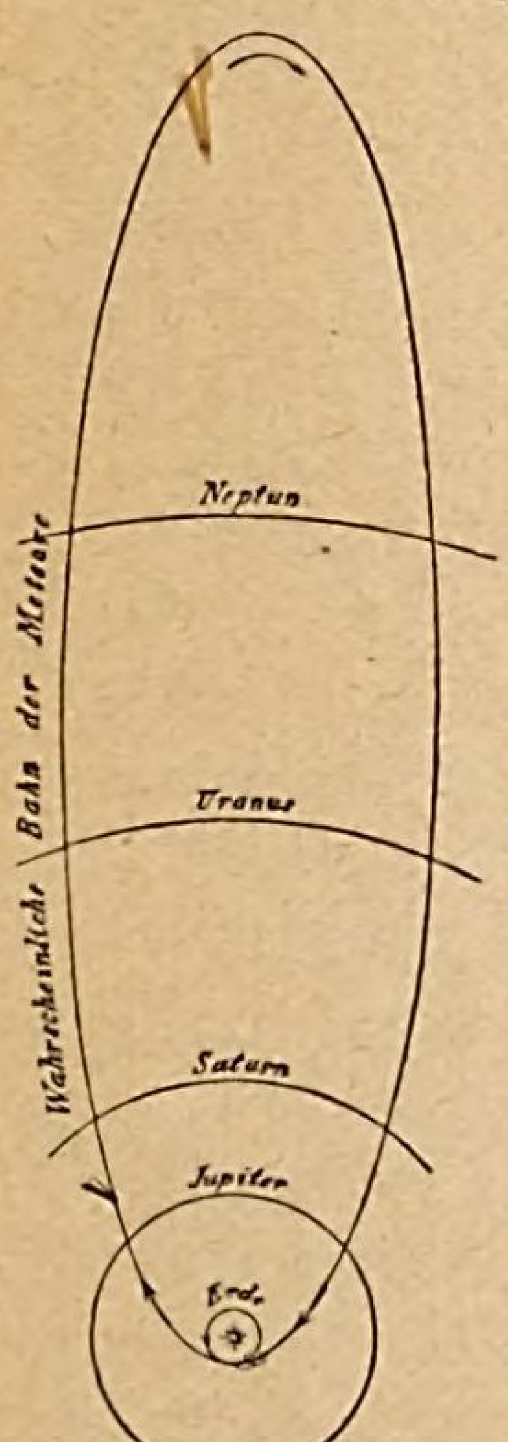
Man hat in früherer Zeit geglaubt, daß die Meteoriten durch die Thätigkeit von Mondvulkanen auf die Erde geschleudert wurden; doch ist diese Annahme von Astronomen wie Biot und Olbers rechnungsmäßig widerlegt worden, und heute gilt in der wissenschaftlichen Welt die Thatsache als feststehend, daß überall im Raume unseres Sonnensystems kleine kosmische Massen in mehr oder minder dichten Schwärmen vorhanden sein müssen. Da nun die Erde zu bestimmten Zeiten alljährlich auf besonders dichte Sternschnuppenschwärme stößt, so muß angenommen werden, daß auch diese gleich der Erde selbst und den übrigen Planeten in bestimmten Bahnen die Sonne umkreisen. Diese Bahnen bilden mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel und werden daher von dieser in zwei Knotenpunkten durchschnitten. Die nebenstehende Abbildung zeigt uns einen Abschnitt der Bahn des Novemberschwarmes. Um diese Bahn zu durchlaufen, braucht der Schwarm eine Zeit

von $33^1/_4$ Jahren. Die Meteoriten, aus denen der Schwarm zusammengesetzt ist, sind nicht in allen Teilen desselben gleichmäßig angehäuft, sondern bilden, ähnlich wie bei den Kometen, eine dichtere Masse, die man dem Kometenkopfe vergleichen kann. Auf unserer nebenstehenden Abbildung bewegt sich diese eben durch den Knotenpunkt, an welchem die Bahn des Novemberschwarmes mit der Erdbahn, zu der sie in einem Winkel von $17^3/_4$ Grad geneigt ist, sich kreuzt. Ihr folgt ein verhältnismäßig kurzer und dünner, kometenartiger Schweif von Nachzüglern. Der zweite Knotenpunkt, an welchem die Bahn des Novemberschwarmes durch die Ebene der Erdbahn geht, liegt in einer Gegend des Weltraumes, die von der Erde noch weiter entfernt ist als die Bahn des Uranus, so daß uns dort die Meteore völlig unsichtbar bleiben, während bei ihrem Zusammentreffen mit der Erdbahn an dem zuerst erwähnten Knotenpunkte die dichte Masse derselben in den Bereich der Anziehungskraft unserer Erde fällt, wodurch jene außerordentlich starken Sternschnuppenfälle erklärlich werden, die jedesmal eintreten, wenn der Novemberschwarm seinen einmaligen Kreislauf um die Erde vollendet hat. In den nächstfolgenden Jahren trifft die Erde an der gleichen Stelle nur mit dem nachfolgenden Schweife des Novemberschwarmes an dieser Stelle zusammen, und die Folge davon ist, daß in diesen Jahren nur schwächere Sternschnuppenfälle vorkommen. Man hat aus dieser Erscheinung auf dem Wege der Rechnung den Schluß gezogen, daß die Länge dieses schweifartigen Endes des Schwarmes 380 Millionen Meilen betrage.



Bahn der November-Meteore.
Nach Newcomb-Engelmanns „Populäre Astronomie“.

Nach allem, was wir von der Natur der Kometen wissen, können wir auch in diesem Novemberschwarm nichts anderes erblicken, als einen Kometen oder die Reste eines solchen, die am Kopfe noch in einem gewissen Zusammenhange untereinander stehen, im Gegensatze zum Augustschwarm, der einen Kometen darstellt, dessen Auflösung schon so weit gediehen ist, daß eine Kopfmasse überhaupt nicht mehr besteht, sondern das Ganze in einen Schweif sich aufgelöst hat. Die Bahn des Augustschwarmes erstreckt sich, wie die nebenstehende Abbildung zeigt, weit über diejenige des Neptun hinaus, und man schätzt die Umlaufszeit der Meteoritenmasse, die sich in derselben um die Sonne bewegt, auf 120 Jahre. Da aber diese ganze Bahn mit Teilchen der Masse ausgefüllt ist, so trifft die Erde an demjenigen Knotenpunkte, wo sie in ihrer Sonnennähe mit der Ebene der Erdbahn selbst sich kreuzt, alljährlich Teile dieser Masse an, die dann als sogenannter „Laurentiusstrom“*) sichtbar werden. Schiaparelli, der sich eingehend mit der Vergleichung der Berechnungen der Kometenbahnen mit denjenigen der Sternschnuppenbahnen beschäftigt hat, meint, daß einer von den Kometen, die 1862 sichtbar geworden sind, nichts anderes sei, als der noch vorhandene Rest des Kometen, aus welchem sich im Laufe der Zeiten der Augustschwarm gebildet hat. Ebenso will Schiaparelli in Uebereinstimmung mit Leverrier und anderen Astronomen den Novemberschwarm in unmittelbare Beziehung zu einem kleinen Kometen bringen, der im Januar 1866 von Tempel in Marseille entdeckt wurde. Von dem Zusammenhange des Sternschnuppenregens vom 27. November 1872 mit dem Bielaschen Kometen ist bereits im vorigen Kapitel die Rede gewesen.



Bahn des Augustschwarmes.
Nach Newcomb-Engelmanns „Populäre Astronomie“.

---

*) Der 10. August ist für die katholische Kirche der Gedächtnistag des heiligen Laurentius, und auf diesen Umstand ist die Benennung des Augustschwarmes als „Laurentiusstrom“ zurückzuführen.

Siebentes Kapitel.

Das Zodiakallicht.

Wer jahrelang in der Palmenzone gelebt hat — so schreibt Alexander von Humboldt in seinem „Kosmos“ — dem bleibt eine liebliche Erinnerung von dem milden Glanze, mit dem das Tierkreislicht, pyramidal aufsteigend, einen Teil der immer gleich langen Tropennächte erleuchtet. Ich habe es, und zwar nicht bloß in der dünnen und trockenen Atmosphäre der Andesgipfel auf 12000 oder 14000 Fuß (3900—4450 m) Höhe, sondern auch in den grenzenlosen Grasfluren (Llanos) von Venezuela, wie am Meeresufer unter dem ewig heitern Himmel von Cumana, bisweilen intensiv leuchtender als die Milchstraße im Schützen gesehen. Von einer ganz besonderen Schönheit war die Erscheinung, wenn kleines, duftiges Gewölk sich auf dem Zodiakallichte projizierte (abbildete) und sich malerisch abhob von dem erleuchteten Hintergrunde. Eine Stelle meines Tagebuches auf der Schiffahrt von Lima nach der westlichen Küste von Mexiko gedenkt dieses Luftbildes: Seit drei oder vier Nächten (zwischen 10 und 14 Grad nördl. Br.) sehe ich das Zodiakallicht in einer Pracht, wie es mir noch nie erschienen ist. In diesem Teile der Südsee ist, auch nach dem Glanze der Gestirne und Nebelflecke zu urteilen, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre wundervoll groß. Vom 14. bis 19. März war sehr regelmäßig, dreiviertel Stunden nachdem die Sonnenscheibe sich in das Meer getaucht hatte, keine Spur vom Tierkreislichte zu sehen, obgleich es völlig finster war. Eine Stunde nach Sonnenuntergang wurde es auf einmal sichtbar, in großer Pracht zwischen Aldebaran und den Plejaden am 18. März 39° 5′ Höhe erreichend. Schmale langgedehnte Wolken erscheinen zerstreut im lieblichen Blau, tief am Horizont, wie vor einem gelben Teppich. Die oberen spielen von Zeit zu Zeit in bunten Farben. Man glaubt, es sei ein zweiter Untergang der Sonne. Gegen diese Seite des Himmelsgewölbes hin scheint uns dann die Helligkeit der Nacht zuzunehmen, fast wie im ersten Viertel des Mondes. Gegen 10 Uhr war das Zodiakallicht hier in der Südsee gewöhnlich schon sehr schwach, um Mitternacht sah ich nur eine Spur desselben. Wenn es den 16. März am stärksten leuchtete, so ward gegen Osten ein Gegenschein von mildem Lichte sichtbar. In unserer trüben, sogenannten gemäßigten nördlichen Zone ist das Tierkreislicht freilich nur im Anfange des Frühlings nach der Abenddämmerung über dem westlichen, am Ende des Herbstes vor der Morgendämmerung über dem östlichen Horizonte deutlich sichtbar.“

Das Zodiakallicht hat um die Mitte des 18. Jahrhunderts zuerst die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt erregt; die Alten wußten nichts davon, und Humboldt findet es schwer begreiflich, daß die Araber, die doch sonst an Eifer und Gründlichkeit der Beobachtung wenig zu wünschen übrig ließen, diese Erscheinung unter Himmelsstrichen, die doch für ihre Betrachtung so günstig sein mußten, sich konnten entgehen lassen. Auf der Hochebene von Mexiko hat man 1509 durch 40 Nächte das Zodiakallicht am östlichen Himmel beobachtet, und ein altaztekisches Manuskript der Pariser Bibliothek bezeichnet die Erscheinung als „funkelnd und wie dick mit Sternen besäet“. Bei uns erreicht dagegen die Lichtstärke derselben in der Regel nicht diejenige der Milchstraße. Man sieht sie zur Zeit des Frühlingsäquinoktiums nach gänzlicher Verdämmerung des Tageslichtes am westlichen Himmel in Gestalt eines vom Horizont schief emporsteigenden Lichtkegels, dessen Grundfläche annähernd an derselben Stelle sich befindet, an der die Sonne untergegangen ist, und dessen Achse fast genau in die Ebene des Sonnenäquators fällt, so daß der ganze Lichtschweif am Himmel nahezu in die Richtung des Tierkreises fällt, von welchem das Zodiakallicht auch seinen Namen erhalten hat. Manchmal zeigt sich an derjenigen Stelle des Himmels, der dem Sonnenstande gerade gegenüber liegt, eine Verstärkung des Lichtschimmers, der in solchen Fällen über den ganzen sichtbaren Teil des Tierkreises sich erstreckt. Man bezeichnet

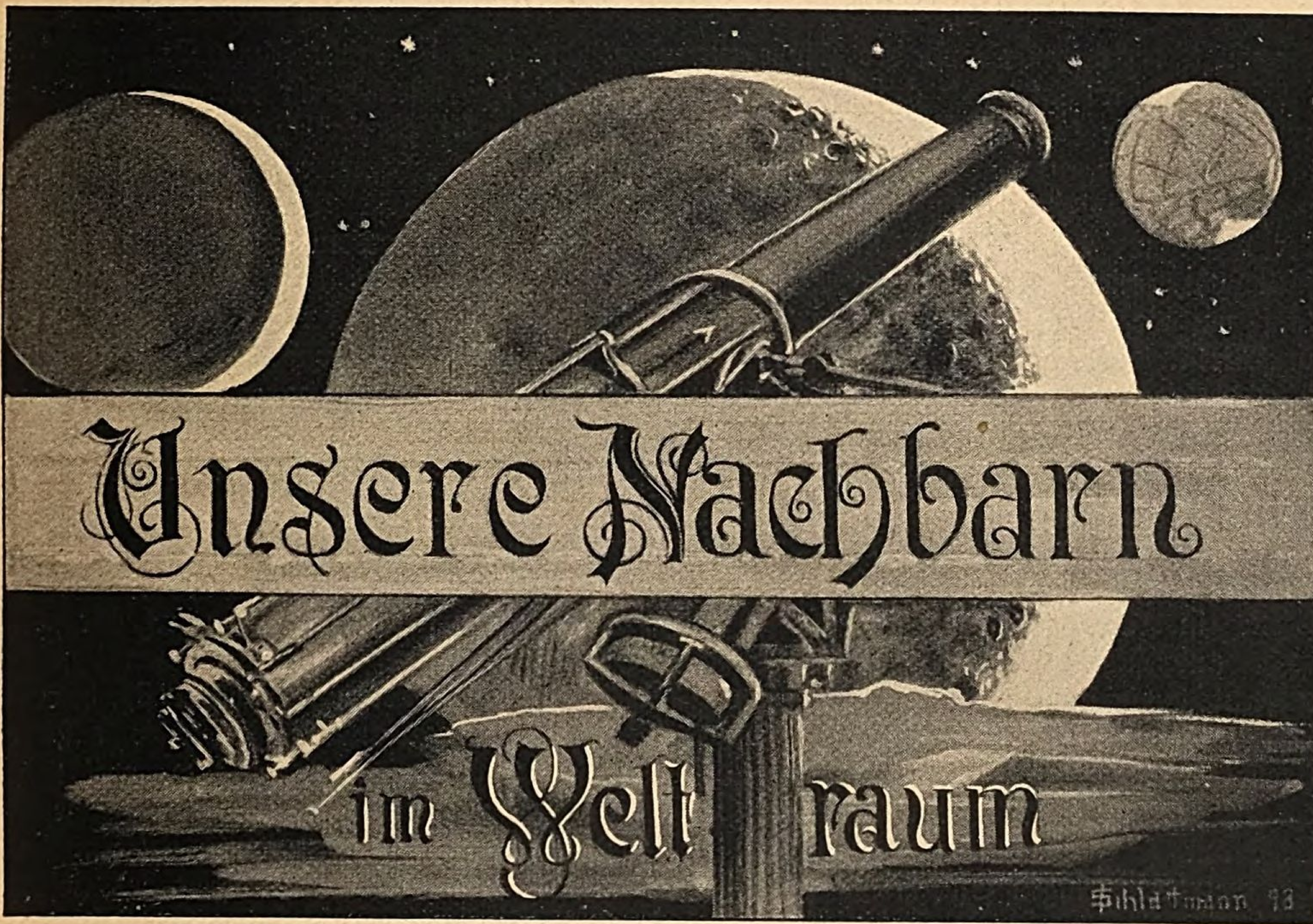
jenen verstärkten Lichtschimmer als „Gegenschein". Es scheint, daß die Lichtstärke des Zodiakallichtes Schwankungen unterworfen ist, in denen sich eine gewisse Regelmäßigkeit kundgiebt, und die vielleicht mit den Perioden der Sonnenflecken (vergl. S. 157) zusammenhängen.

Man hat früher das Zodiakallicht für eine leuchtende Sonnenatmosphäre gehalten, und in neuerer Zeit angenommen, daß dasselbe von einem Ringe kleiner, sternschnuppenartiger Meteoriten herrühre, der entweder die Sonne oder die Erde umkreist, und dessen Einzelkörper das Sonnenlicht reflektieren. Nach Form und Lage des Zodiakallichtes ist die Ursache desselben in der Ebene der Erdbahn zu suchen, und die Annahme des Berliner Astronomen Förster, nach welcher das Zodiakallicht eine Art irdischen Kometenschweifes bilden würde, hat um so mehr Wahrscheinlichkeit für sich, als das Spektrum desselben ein schwaches und kontinuierliches zu sein scheint.

Wir lassen die Gründe, die Förster für seine Ansicht anführt, hier in ihrem wesentlichen Inhalte folgen: „Man weiß zunächst, daß die Sonne nicht bloß in größerer Nähe, sondern bis in Entfernungen, welche ihren Abstand von der Erde bedeutend übersteigen, auf die Gase, die sich aus den kleinsten Teilen der Kometenkerne unter der Sonnenwirkung entwickeln, eine intensive Abstoßungskraft ausübt, und daß unter der Wirkung dieser Kraft und der sonstigen die Bewegungen eines Kometen regierenden Kräfte die Bildung des Schweifes und die Ausbreitung desselben in der Bahnebene des Kometen stattfindet. Nach den neueren Forschungen, deren Erfolg man vorzugsweise Schiaparelli, aber auch dem nordamerikanischen Astronomen Newton verdankt, kann man kaum daran zweifeln, daß die Sternschnuppen, welche alltäglich zu vielen Millionen in die höchsten Schichten der ganzen Erdatmosphäre eindringen und dort infolge der Gegenwirkungen der letzteren gegen die großen Geschwindigkeiten des Eindringens erglühen und schließlich zerstieben, Körperchen von ganz derselben Art sind, wie die kleinsten Teile, aus denen die Kometenkerne sich zusammensetzen, und in die sich die letztern auch in manchen Fällen teilweise oder ganz wieder auflösen. Bekanntlich nehmen wir in allen Fällen, in denen die Erde die Nähe einer Kometenbahn nicht zu lange vor oder nach dem Vorübergange des Kometen selber passiert, ungewöhnlich reiche Sternschnuppen-Erscheinungen wahr. Was liegt nun näher als die Annahme, daß die Sonne auf die kleinsten Teile und die Gase, welche aus dem Zerstieben solcher Kometenmaterialien in den höchsten Schichten unserer Atmosphäre hervorgehen, sowie überhaupt auf die kleinsten Teilchen dieser Schichten dieselbe Art von Abstoßungskraft ausübt, welche bei den Kometen selber die Ausbreitung von Schweifen in der Bahnebene in der von der Sonne abgewandten Richtung hervorruft. Allerdings liegt die Sache in einem Punkt bei der Erde ganz anders als bei den Kometen. Die Kerne der letzteren äußern nämlich selber nur äußerst kleine Massenanziehungen, wogegen die Anziehung der Erde die zu ihrer Atmosphäre gehörigen oder in dieselbe eingedrungenen Massenteile mit bedeutender Kraft an sich zu fesseln vermag. Eine nicht geringe Anzahl neuerer Wahrnehmungen legen es uns aber nahe, in den höchsten Schichten der Atmosphäre gewisse, im einzelnen noch unerklärte Bewegungsursachen und gewisse noch rätselhafte Gegenwirkungen gegen die bloße Massenanziehung der Erde anzunehmen, wodurch jener Einwand bedeutend vermindert werden könnte. Es sind insbesondere die elektrischen Zustände der höheren Atmosphärenschichten, welche hierbei in Frage kommen. Daß die verhältnismäßig so schwache Richtkraft des Erdmagnetismus bis in Höhen von mehreren hundert Kilometern über der Erdoberfläche die Polarlichtkrone aus kolossalen Säulen elektrischer Lichterscheinungen aufbaut — ein Vorgang, dessen strenge Gesetzmäßigkeit festgestellt, aber auch noch nicht befriedigend erklärt worden ist —, würde noch nicht gerade unmittelbar beweisend sein für die Möglichkeit, daß die vorerwähnte Abstoßungskraft, welche die Sonne auf die kleinsten Teilchen kometarischen Materiales ausübt, auch die Teilchen in jenen Schichten der Erdatmosphäre aus der Wirkungssphäre der Massenanziehung der Erde lösen und in den Weltraum hinaustreiben können. Aber das Vorhandensein jener zweifellos dem elektrischen Gebiete im weitesten Sinne angehörigen Erscheinungen in solchen Höhen läßt jedenfalls für die fraglichen

Sonnenwirkungen Möglichkeiten offen, die man nicht durch den bloßen Hinweis auf gewisse Schwierigkeiten der Erklärung beseitigen kann, sondern demnächst auf mannigfaltige Weise untersuchen muß. Aehnlich wie die magnetische Richtkraft der Erde bis in gewisse Höhen den Bau der Polarlichtsäulen bestimmt, könnte in noch größeren Abständen von der Erdoberfläche die Richtkraft der Sonne, aus den feinsten Teilen der höchsten Atmosphärenschichten der Erde, teils im Zustande eines dem Polarlicht entsprechenden Glühens, teils außerhalb des Erdschattens in reflektiertem Sonnenlicht leuchtend, weit ausgedehnte Lichtstreifen oder Lichthüllen zartesten Glanzes, verwandt mit den kometrischen Phänomenen, auf der von der Sonne abgewandten Seite der Erde in der Ebene ihrer Bahn ausbreiten. Hierdurch aber würden sich manche wesentlichen Züge des Tierkreislichtes ziemlich einfach erklären lassen."

Nach Försters Annahme würde also die Erde diesen aus sehr leichten Gasen gebildeten und von elektrischen Vorgängen beeinflußten Schweif hinter sich, von der Sonne abgewandt, in ihrer Bahn nachschleppen, gleichsam als eine sehr verdünnte Fortsetzung ihrer Atmosphäre, und sein Licht würde dann einesteils den oben erwähnten elektrischen Vorgängen zuzuschreiben, anderenteils als reflektiertes Sonnenlicht zu betrachten sein. Vogel, der Direktor des Potsdamer Observatoriums, meint dagegen, daß nach dem augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse die Annahme die größte Wahrscheinlichkeit für sich habe, daß es sich bei der Erscheinung des Zodiakallichtes lediglich um reflektiertes Sonnenlicht handle, und daß dasselbe von einer ungeheuren Menge von Meteoriten reflektiert werde, die den Raum zwischen Sonne und Erde ausfüllen.



Erstes Kapitel.

Der Mond.

Unser nächster Nachbar im Weltraume und zugleich derjenige Himmelskörper, der neben der Sonne zu unseren Planeten in nächster verwandtschaftlicher Beziehung steht, ist der Mond. Unsere Kenntnis desselben ist nicht allein im Sinne der einfachen und unmittelbaren Anschauung, sondern auch im wissenschaftlichen Sinne älter als diejenige der Erde, denn seit der Erfindung des Fernrohres haben wir einen — im Laufe der Zeit allerdings noch bedeutend vervollkommneten — Einblick in alle Teile seiner der Erde zugewandten Oberfläche bis an seine beiden Pole gewonnen, während uns die Polargegenden unseres eigenen Planeten und einzelne Gebiete desselben, so z. B. das Innere des australischen Festlandes, noch so gut wie unbekannt sind. Freilich beschränkt sich unsere Kenntnis nur auf die eine Halbkugel des Mondes und verhältnismäßig kleine Streifen der anderen, die infolge der sogenannten „Librationen" (Schwankungen) dieses Himmelskörpers während seines Umlaufes zeitweilig sichtbar werden, wogegen die andere Hälfte stets für uns unsichtbar bleibt. Die Ursache hiervon ist die Art der Rotation des Mondes um seine Achse, die sich während derselben Zeit vollzieht, in der derselbe seinen einmaligen Umlauf um die Erde vollendet. Wir können uns einen klaren Begriff von den obwaltenden Verhältnissen durch Vornahme des nachfolgenden Experimentes machen: Eine Person stellt die Erde vor und nimmt ihren Standpunkt in der Mitte der Stube ein; die andere übernimmt die Rolle des Mondes und bewegt sich im Kreise um die erstere herum, wobei sie das Gesicht und die Vorderseite stets der die Erde vorstellenden zuwendet. Kopf und Füße der den Mond darstellenden Person sind als die Pole des Mondes zu betrachten. Hat nun der Monddarsteller die Umkreisung im Kreise des Darstellers der Erde zur Hälfte vollzogen, so wird sich sein

Angesicht derjenigen Wand der Stube zuwenden, der er bei Beginn seiner Bewegung den Rücken gekehrt hat, und bei Vollendung des Kreislaufes wird er ihr wieder den Rücken zuwenden. Er hat sich also thatsächlich einmal um seine Achse gedreht, also eine einmalige Rotation vollzogen, während er zugleich einmal um die Erde herumgegangen ist und dieser während des ganzen Umlaufes stets dieselbe Seite zugewandt hat. Daß die Erde während der Bewegung des Mondes um dieselbe nicht, wie die Person in unserem Experiment, stille steht, sondern sich ebenfalls sowohl um ihre eigene Achse bewegt als auch ihren Kreislauf um die Sonne fortsetzt, kommt für das Experiment nicht weiter in Betracht, da ja in Wirklichkeit nicht die zwei Augen des Darstellers der Erde, sondern viele Millionen, über die ganze Erdoberfläche verteilte Augenpaare es sind, die des Mondes zu verschiedenen Zeiten ansichtig werden. Man müßte sich also den Darsteller der Erde im Experiment als eine über und über mit Augen bedeckte Kugel vorstellen, um das Experiment vollständig zutreffend zu machen.

Infolge der Libration bekommen wir ungefähr $4^1/_2$ Siebentel der gesamten Mondoberfläche (statt nur $3^1/_2$ Siebentel) zu sehen. Ursachen der Libration sind, daß der Mond in elliptischer Bahn um die in einem der Brennpunkte dieser Bahn stehende Erde kreist und sich infolgedessen seinem Centralkörper bald nähert, bald wieder von ihm sich entfernt, zugleich aber auch bald schneller, bald wieder langsamer um denselben sich bewegt; ferner, daß die Mondachse nicht genau senkrecht auf der Mondbahn steht, so daß der Aequator des Mondes in einem Winkel von 6^0 41′ gegen seine Bahnebene geneigt ist; endlich, daß wir den Mond nicht aus dem Mittelpunkte, sondern von der Oberfläche der Erde aus sehen, deren einzelne Punkte über $12^1/_2$ Tausend km von jenem entfernt sind, was bei der geringen Entfernung des Mondes von der Erde schon den Effekt des tieferen Einblickes bewirkt, der durch die Beobachtung von einem erhöhten Punkte aus erzielt wird.

Die Mondbahn ist gegen diejenige der Erde in einem Winkel von 5^0 9′ geneigt und im Mittel nahezu 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt; in seiner Erdnähe beträgt die Entfernung des Mondes von seinem Centralkörper 356 650 km, in der Erdferne 407 110 km. Je nach seiner Stellung zur Erde und Sonne zeigt uns der Mond bald seine ganze beleuchtete Scheibe, bald sehen wir nur die Hälfte seiner beleuchteten Seite, und auch diese schrumpft mehr und mehr zur Sichelgestalt zusammen, bis endlich die der Erde zugewandte Halbkugel gänzlich dunkel wird, um dann wieder allmählich in Sichel-, Halbmond- und voller Scheibengestalt sichtbar zu werden. Man nennt diese verschiedenen Lichtgestalten des Mondes „Phasen“ und unterscheidet zwischen zunehmendem und abnehmendem Monde; Neumond nennt man diejenige Phase, in der der Mond, von der Erde aus gesehen, genau in der Richtung nach der Sonne hin, also nur bei Tage, am Himmel steht und uns seine dunkle Seite zukehrt, Vollmond diejenige Phase, in der wir die volle, beleuchtete Mondhalbkugel sehen, während deren Verlauf also die Erde zwischen Sonne und Mond steht. Die Mondphase, die uns die halb erleuchtete Scheibe so zeigt, daß deren halbkreisförmiger Rand nach rechts gewendet ist, nennen wir erstes Viertel, endlich diejenige, in der wir die halb erleuchtete Scheibe mit dem halbkreisförmigen Rande nach links gekehrt erblicken, letztes Viertel. In die Zeit vom Neumond bis zum Vollmond fällt der zunehmende, in die Zeit vom Vollmond bis zum nächsten Neumond der abnehmende Mond. Im ersten Viertel steht der Mond ungefähr zwischen Mittag und Mitternacht, im letzten Viertel von Mitternacht bis Mittag am Himmel. Zeigt sich der Mond nur in Sichelgestalt, so sehen wir mitunter auch den von der Sonne nicht beleuchteten Teil seiner Scheibe in fahlem, aschgrauem, manchmal kupferfarbig angehauchtem Schimmer; diese Erscheinung wird durch das Licht der Erde verursacht, die um diese Zeit dem Monde einen Teil ihrer von der Sonne beschienenen Seite zukehrt. Wenn zur Zeit des Vollmondes Sonne, Mond und Erde in einer geraden Linie stehen, so tritt eine Sonnenfinsternis ein; bei gleicher Konstellation zur Zeit des Neumondes haben wir eine Mondfinsternis. Im ersteren Falle ist es der Mond, der zwischen Sonne und Erde tritt und diese durch ihren Schatten verfinstert, im anderen Falle nimmt die Erde ihren Platz

zwischen Sonne und Mond ein und verfinstert diesen. Daß die Mondfinsternisse viel länger als die Sonnenfinsternisse dauern, hat seinen natürlichen Grund darin, daß der Schatten der Erde im Verhältnis zur Größe des Mondes weit umfangreicher ist als der Mondschatten im Verhältnis zur Größe der Erde. Die größtmögliche Dauer einer totalen Sonnenfinsternis, die nur an solchen Punkten der Erdoberfläche stattfinden kann, die vom Kernschatten des Mondes getroffen werden, beträgt für einen bestimmten Ort noch keine vollen 8 Minuten, während eine totale Mondfinsternis bis 4 Stunden 38 Minuten dauern kann.

Der Mond hat einen Durchmesser von 3480 km; eine Abplattung an seinen Polen hat bis jetzt nicht nachgewiesen werden können, man muß aber eine solche voraussetzen, weil sonst die Entwickelungsgeschichte des Mondes mit derjenigen, die wir an so vielen anderen Himmelskörpern nachweisen können, nicht übereinstimmen würde. Hat sich der Mond aus einer ursprünglich gasförmigen und später in den feurig-flüssigen Zustand übergegangenen Masse entwickelt, die erst im letzten Stadium der Entwickelung erstarrt ist, so muß er infolge der Rotation eine Abplattung erlitten haben, wenn auch die Geschwindigkeit seiner Umdrehung, wie wir gesehen haben, zur Zeit eine sehr geringe ist. Man hat versucht, diese Abplattung zu berechnen, und ebenso eine weitere Abplattung am Aequator aus dem Verhältnis zwischen der Anziehungskraft der Erde und derjenigen des Mondes herzuleiten und rechnungsmäßig zu bestimmen. Wie noch heute der Mond auf die flüssigen Teile der Erde wirkt, mußte auch, wie Diesterweg in seiner „Populären Himmelskunde" ausführt, die weit stärkere Anziehungskraft der Erde auf den flüssigen Mond einwirken, d. h. eine Flutwelle erzeugen, und dem ursprünglich kreisrunden Mondäquator die Gestalt einer Ellipse geben, deren große Achse gegen die Erde gerichtet war. Eine solche Flutwelle verlangsamt aber die Rotationsgeschwindigkeit des betreffenden Himmelskörpers, und da bei dem Größenverhältnis von Erde und Mond die Anziehung der ersteren so sehr überwog, so kam endlich die eigentümliche Stellung des Mondes bei seinem Umlaufe um die Erde zu stande, der zufolge er der Erde immer dieselbe Seite zuwendet und seine Umdrehung um die eigene Achse in derselben Zeit vollendet wie seinen Umlauf um die Erde. Hiernach wäre also die Gestalt des Mondes folgende: ein Querschnitt durch seinen Aequator würde eine Ellipse ergeben, deren große Achse gegen die Erde gerichtet ist, während die kleine, nach der Rechnung um 125 m kürzere, die unsichtbaren Mondränder an ihrem Berührungspunkte mit dem Aequator verbindet; die Polarachse wird aber noch um 3600 m kürzer als diese kleinere Aequatorialachse gerechnet. Nach Newton und Lagrange würde die mittlere Achse gar nur um 15, die längste um 75 m länger als die kürzeste sein. Nach Hansen*), der sich um die Untersuchung der Verhältnisse des Mondes sehr verdient gemacht hat, würde der Mittelpunkt des Mondes der Erde näher liegen als sein Schwerpunkt, und zwar hat Hansen die Entfernung der beiden Punkte voneinander nach dem übereinstimmenden Ergebnis der auf verschiedenen Wegen vorgenommenen Berechnung auf 59 km oder annähernd acht Meilen angegeben. Wenn dies zutrifft, so müßte sich daraus eine bedeutende Verschiedenheit der klimatischen und anderen Verhältnisse zwischen der uns zugewendeten und der von der Erde abgekehrten Mondhalbkugel ergeben. Da nämlich die Schichten von gleicher Dichtigkeit sich gleichförmig um den Schwerpunkt lagern müssen, so wird, wenn der Mond im Allgemeinen die Gestalt einer Kugel hat, der Mittelpunkt seiner uns sichtbaren Hälfte etwa 59 km über dem mittleren Niveau liegen, und nahezu ebenso tief darunter der Mittelpunkt der anderen Hälfte. Aehnliche Verhältnisse müssen obwalten, wenn der Mond die Gestalt eines Ellipsoides hat, dessen große Achse gegen die Erde hin liegt. Unter solchen Umständen wäre es aber nicht verwunderlich, daß der Mond, von

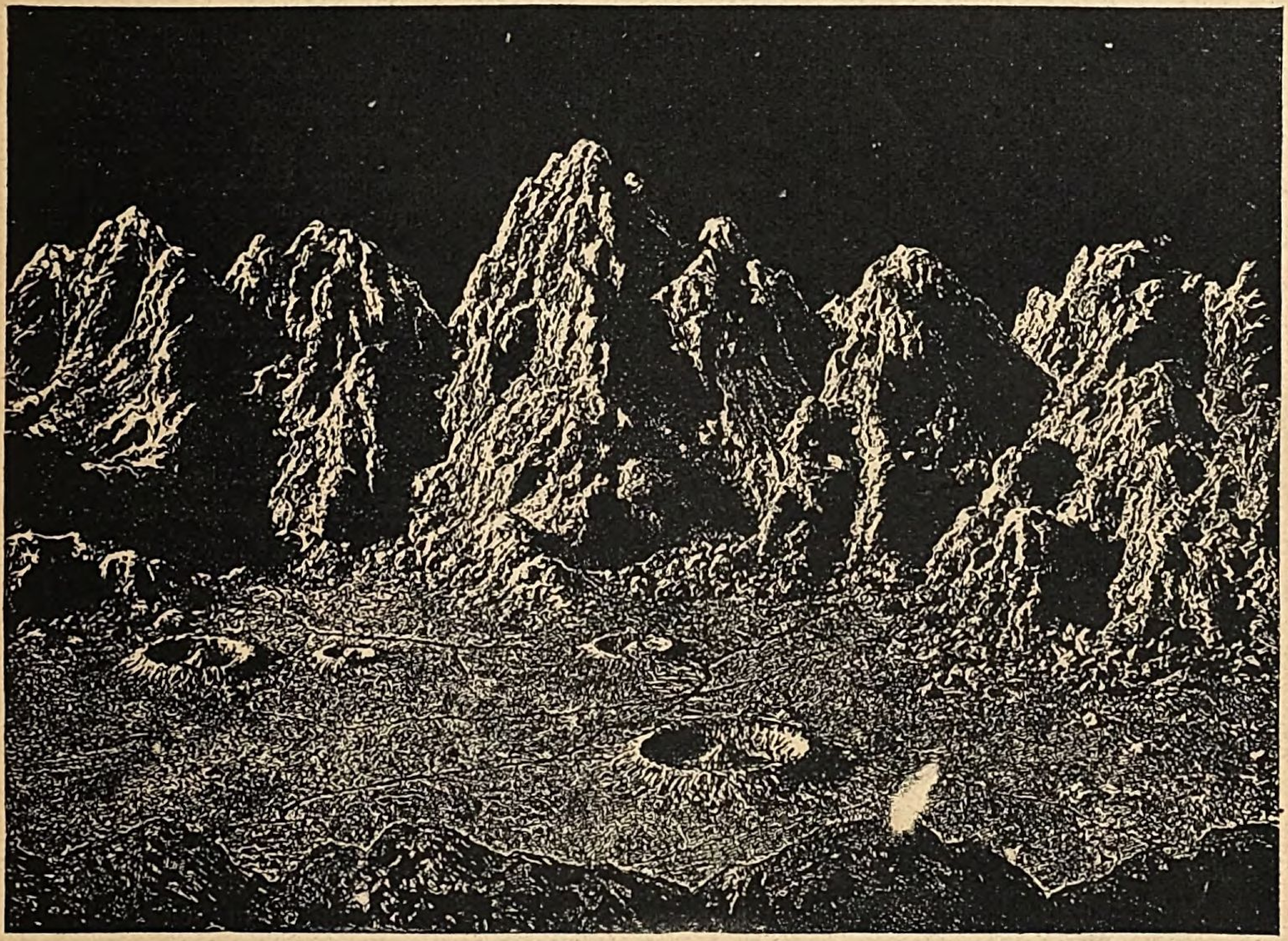
*) Peter Andreas Hansen, aus Tondern in Schleswig gebürtig (1795—1874), war zuerst Uhrmacher, erhielt aber schon 1821 die Stellung als Gehilfe bei der dänischen Gradmessung in Holstein und an der Sternwarte zu Altona und wurde 1825 als Direktor der Sternwarte Seeberg nach Gotha berufen, wo 1859 auf seine Veranlassung eine neue Sternwarte erbaut wurde. Er war auch Vorsitzender der deutschen Reichskommission zur Beobachtung des Venusdurchganges von 1874.

der Erde aus gesehen, als dürre Wüste ohne Atmosphäre und ohne jede Spur organischen Lebens erscheint, denn wenn wir auf der Erde Berge von verhältnismäßig gleicher, also von einer Höhe bis 216 km (29 Meilen) hätten, so wäre auf ihren Gipfeln von Atmosphäre und allem, was damit zusammenhängt, keine Spur zu finden. Ganz anders aber kann es auf der anderen Hälfte des Mondes aussehen; hier wäre das Vorhandensein einer Atmosphäre und organischen Lebens sehr wohl denkbar. An den Rändern der uns zugekehrten Mondseite, die im mittleren Niveau liegen und an denen uns, wie schon erwähnt, schmale Gebiete der jenseitigen Mondschichten sichtbar werden, wären möglicherweise Spuren einer Mondatmosphäre zu finden. Die Ursache dieses Zustandes des Mondes glaubt Hansen, wie in Littrows „Wunder des Himmels“ ausgeführt ist, auf vulkanische oder ähnliche Kräfte zurückführen zu sollen, die ihren Ursprung im Innern des Mondes hatten und auf der einen Seite dieses Himmelskörpers bedeutend geringeren Widerstand fanden als auf der anderen, so daß sie dort viel größere Hebungen bewirkten als hier. Diese Ansicht ist indes von Newcomb mit gewichtigen Einwendungen bekämpft worden.

Auf der uns sichtbaren Seite des Mondes sind schon mit unbewaffnetem Auge — besonders zur Zeit des Vollmondes — zahlreiche größere und kleinere graue Flecken zu erkennen, welche man auf den Mondkarten als Meere bezeichnet findet, eine Bezeichnung, die indes ihrem Sinne nach durch die Erkenntnis des Mangels an einer Mondatmosphäre ihrer Berechtigung verlustig gegangen ist. Durch die vervollkommneten Fernrohre der Neuzeit hat man übrigens längst erkannt, daß diese Flecken keineswegs einförmige Flächen darstellen, sondern von Erhebungen und grabenartigen Vertiefungen durchzogen sind und auch in ihrer Belichtung große Unterschiede zeigen. Ganz eigentümlich sind der Gestaltung der Mondoberfläche die sogenannten Rillen, die zuerst 1788 erkannt worden sind, und deren man gegenwärtig über 350 zählt. Sie ziehen sich in Strecken bis zu 25 Meilen Länge von Krater zu Krater quer durch die dunklen Ebenen, durchsetzen bisweilen sogar ein Ringgebirge und erreichen mitunter eine Breite von 2 km. Wenn sie von der Sonne seitwärts Licht erhalten, so zeichnet sich in ihrem Innern der Schatten des sonnenseitigen Randes ab, wogegen nach außen hin kein Schatten fällt. Wir haben es also mit einfachen Spaltungen der Mondoberfläche zu thun, deren Tiefe auf 100—400 m geschätzt worden ist. Man glaubt, diese Rillen auf die Einwirkung der Sonnenhitze auf das dürre und mürbe Gestein des Mondes zurückführen und ihre Entstehung in eine weit jüngere Zeit verlegen zu sollen, als diejenige der Krater und Ringgebirge, welche sie durchschneiden.

Hansen glaubt in ihnen die Spuren jener gewaltigen Hebungen zu erblicken, die durch die Anziehungskraft der Erde auf der dieser zugewandten Seite des Mondes stattgefunden haben. Doch fällt diese Ansicht mit der Hansenschen Hypothese überhaupt, sofern Newcombs Einwendungen gegen die letztere berechtigt sind. Wir würden in diesem Falle annehmen müssen, daß die sogenannten Meere des Mondes, falls sie wirklich dereinst vorhanden waren, von der vollständig ausgetrockneten Mondkruste aufgesogen worden seien und die Elemente des Wassers chemische Verbindungen mit den festen Bestandteilen der Mondmasse eingegangen haben. Wollen wir aber der Hansenschen Auffassung insofern folgen, als nach derselben die ganze der Erde zugekehrte Hälfte der Mondoberfläche als ein bis zur Höhe von 29 Meilen emporgehobenes und von nicht minder gewaltigen vulkanischen Erhebungen durchzogenes Hochland anzusehen wäre, dann würden wir etwa in der Bodengestaltung Inner-Asiens mit seinen ausgedehnten Hochländern und Gebirgsketten ein Miniaturbild des landschaftlichen Charakters dieser Mondseite zu erblicken haben, nur mit dem Unterschiede, daß der vulkanische Charakter hier noch weit intensiver zum Ausdrucke gelangt und dem Ganzen das Hauptgepräge verleiht. Der Effekt der vulkanischen Kräfte auf dem Monde ist, von allen Nebenumständen abgesehen, ein etwa fünfmal größerer als derjenige, den sie unter gleichen Verhältnissen auf der Erde hervorbringen könnten. Es hängt dies mit der geringeren Masse und Dichtigkeit der Mondmaterie zusammen, der

eine verhältnismäßig geringere Anziehungskraft zukommt. Littrow macht in seinem Werke „Wunder des Himmels" dieses Verhältnis durch folgendes Beispiel anschaulich: Auf der Erde würde eine Kanonenkugel, die mit einer anfänglichen Geschwindigkeit von 300 m in einer Sekunde senkrecht in die Höhe geschossen wird, etwa 29 Sekunden steigen und eine Höhe von 4600 m erreichen, ehe sie wieder anfängt, zur Erde zurückzukehren; auf dem Monde aber würde sie mit derselben anfänglichen Geschwindigkeit durch volle 161 Sekunden aufsteigen und eine Höhe von 24200 m erreichen (der Widerstand der Luft ist hierbei nicht mit in Betracht gezogen). Wenn daher im Innern des Mondes eben solche Kräfte, dehnbare und zusammendrückbare Dämpfe u. s. w., wirken wie in der Erde, so wird der durch

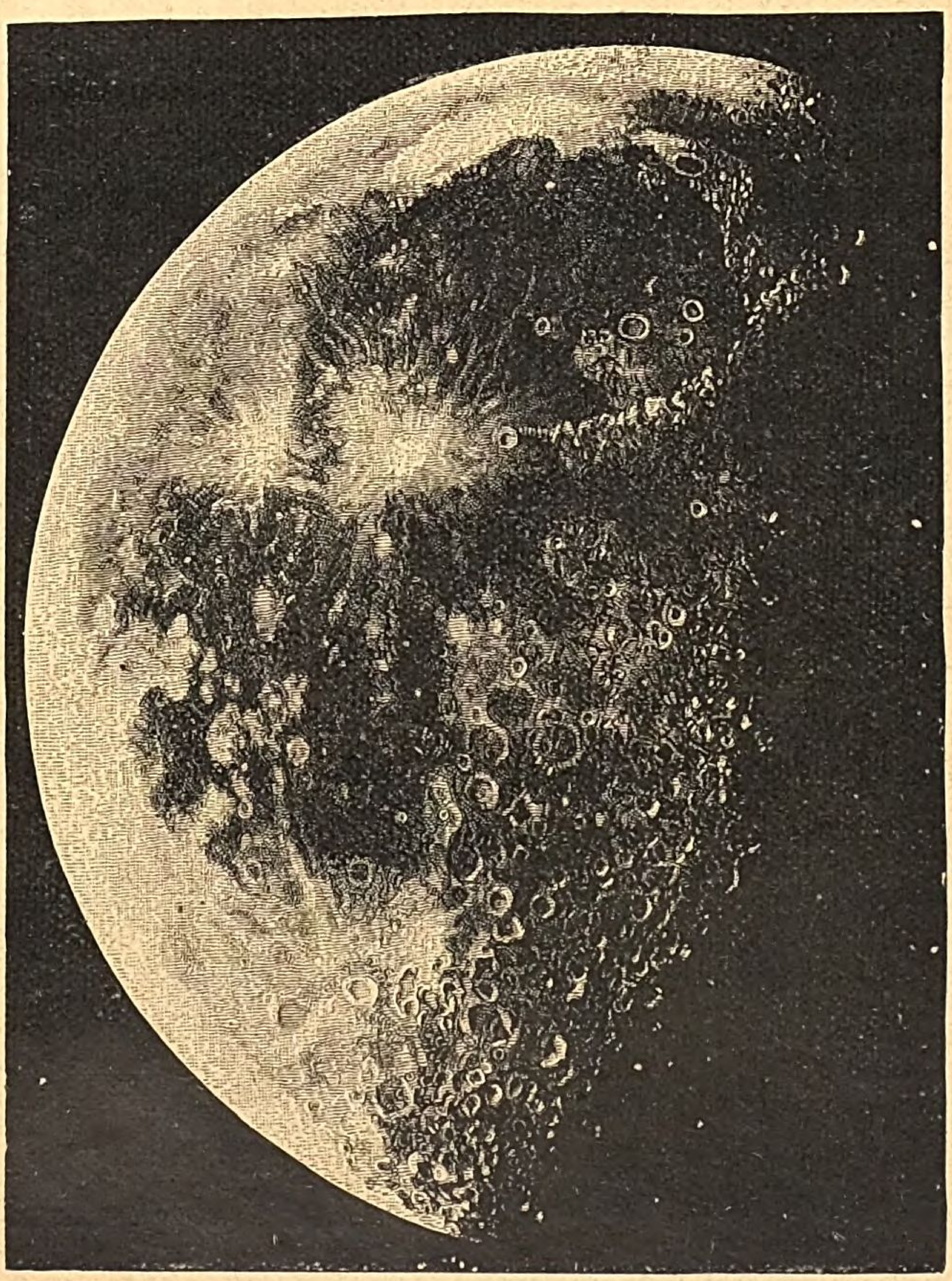


Das Innere eines Mondkraters
in den Apenninen.
(Nach Nasmyth.)

sie hervorgebrachte Effekt bei der weit geringeren ihm entgegenwirkenden Schwerkraft ein weit höherer sein, und man braucht garnicht erst noch die Einwirkung der Anziehungskraft der Erde auf den Mond mit in Rechnung zu bringen, um die verhältnismäßig um soviel gewaltigeren Erhebungen der Mondgebirge zu begreifen.

Ein Bild von den in dieser Beziehung zwischen Erd- und Mondgebirgen bestehenden bedeutenden Unterschieden kann man sich machen, wenn man zunächst die Größenverhältnisse der beiden Himmelskörper ins Auge faßt. Der Monddurchmesser entspricht ungefähr dem vierten Teile desjenigen der Erde, sein Rauminhalt beträgt etwa $1/_{50}$ desjenigen unseres Planeten, seine Masse den achtzigsten Teil derjenigen des letzteren. Nun beträgt die Höhe des höchsten Berges der Erde (des Gaurisankar oder Mount-Everest) 8840 m; J. F. Schmidt in Athen hat aber auf dem Monde einen Berg (den Curtius) entdeckt, der nach seinen

Messungen*) 8850 m hoch ist, also jenen noch etwas übertrifft. Die Höhe des Gaurisankar entspricht dem 720. Teil des Erdhalbmessers, jene des Curtius dem 200. Teil des Mondhalbmessers; dieser ist daher im Verhältnis zum Monde mehr als dreimal so hoch, als der Gaurisankar im Verhältnis zur Erde. In gleichem Verhältnisse wie die Mondberge zu den Erdbergen stehen auch die Mondkrater zu den Erdkratern. Diese stellen sich gleichsam als die Mündungen von Essen dar, die, weil sie auf den obersten Gipfeln der Vulkane, also da liegen, wo diese ihre geringste Flächenausdehnung haben, nur einen verhältnismäßig kleinen Raum einnehmen. Die Mondkrater erreichen dagegen eine Ausdehnung bis zu 30 Meilen Durchmesser. Sie unterscheiden sich übrigens auch dadurch von den Kratern der irdischen Vulkane, daß sie in der Regel weit tiefer unter der Mondoberfläche liegen als die Krone ihrer Umrandung, so daß ihre äußere Höhe oft nur die Hälfte oder ein Drittel ihrer inneren Tiefe beträgt. Unsere Abbildung auf Seite 207 zeigt das Innere eines solchen Mondkraters, wie es der Engländer Nasmyth auf wissenschaftlicher Grundlage konstruiert hat. Schmidt hat auf seiner Mondkarte, der größten bisher angefertigten, an deren Herstellung der Astronom über 30 Jahre gearbeitet hat, nahezu 3300 Mondkrater verzeichnet, doch glaubt er, daß man mit den besten Fernrohren das Vorhandensein einer dreifach so großen Zahl feststellen könnte. Die Krater liegen regellos durcheinander gestreut und häufen sich an einzelnen Stellen, wie z. B. in der Gegend des Mondberges Tycho, in solcher Weise an, daß die von ihnen bedeckten Flächen das Ansehen eines zerrissenen Netzes gewinnen. Besonders dicht häufen sie sich in der Gegend des Süd-



Photographische Aufnahme des Mondes
im letzten Viertel.
(Von H. Draper in New-York.)

*) Zur Messung der Höhe von Mondbergen haben wir nur das Mittel der Schattenmessung. Unter einfachen Verhältnissen reicht dieses vollkommen zu genauer Höhenbestimmung aus. Mißt man z. B. den Schatten eines Turmes, der auf ebenen Boden fällt, und den Winkel, welchen die Sehlinie nach der Turmspitze am Endpunkte des Schattens mit diesem bildet, so erhält man ein Dreieck mit drei bekannten Größen (Sehwinkel, Schattenlänge und der rechte Winkel, in welchem der Turm zur Bodenfläche steht), aus denen sich die vierte, die Turmhöhe, ohne weiteres ergiebt. Die Länge der Mondbergschatten läßt sich mittels guter Fernrohre wohl auch mit ziemlicher Genauigkeit messen, dagegen bedarf es zur Bestimmung des Einfallswinkels des Sonnenlichtes umständlicher Berechnungen, so daß die erhaltenen Berghöhen immer nur Anspruch auf die Bedeutung annähernder Werte erheben können.



Ideale Mondlandschaft bei Anbruch des Mondtages.
(Nach Diesterweg: „Populäre Himmelskunde".)

poles, in der die Mondoberfläche von ganz außerordentlichen gewaltsamen Umwandlungen durchwühlt worden zu sein scheint. Die größten dieser Kraterbildungen nennt man **Wallebenen.** Ihre Gestalt weicht von der auf dem Monde typischen Kreisform mehr oder oder weniger ab, ihre innere Fläche ist in der Regel eben, das sie wallartig umfassende Gebirge von mittlerer Höhe und vielfach von neueren Bildungen überdeckt. Diese Wallebenen sind vermutlich als die ältesten Formationen auf dem Monde anzusehen. Außerordentlich zahlreich sind die Ringgebirge, die eine regelmäßigere Bildung zeigen als die Wallebenen, aber eine geringere Ausdehnung als diese haben. Der Durchmesser dieser Ringgebirge beträgt 2—12 Meilen; ihr Ringwall zeigt am Rande schroffe Auszackungen und bildet nach innen eine schalenähnliche Aushöhlung, aus deren Grunde gewöhnlich selbständige Erhöhungen emporsteigen, die aber nicht die Höhe des Ringwalles selbst erreichen. Nach außen fällt der Ringwall sanfter und oft terrassenförmig ab. Die kleinsten Krater endlich finden sich allenthalben, auch auf den Wällen und Centralbergen der älteren Ringgebirge, auf deren Terrassen und im Innern. Einige der Ringgebirge, wie Kopernikus, Kepler, Tycho und Aristarch zeichnen sich durch reiche strahlenförmige Ausläufer aus, die sich weit in die dunklere Ebene hinaus erstrecken. Diese Ausläufer werfen keine Schatten, sind daher weder Vertiefungen noch Erhöhungen; möglicherweise bestehen sie aus Gesteinadern, die das Sonnenlicht in stärkerem Maße reflektieren als die Bodenfläche, über die sie sich in Strahlen von Hunderten von Kilometern Länge hinziehen. Unsere Abbildung zeigt solche Strahlengebilde in ihrer oberen Hälfte, das größere derselben geht vom Kopernikus, das kleinere vom Kepler aus. Nahe dem Südpol (auf unserer Abbildung nicht deutlich sichtbar, weil zu nahe dem dunklen Teile der Mondscheibe gelegen) liegt der Tycho, der schönste und wegen seines Strahlensystems berühmteste aller Mondkrater.

Auch mächtige Gebirgsketten, deren Charakter allerdings wegen der vorherrschenden Kraterbildung von demjenigen unserer irdischen Kettengebirge wesentlich abweicht, finden sich auf dem Monde, so die Alpen, Apenninen, Karpathen auf der nördlichen, das Leibniz- und Dörfelgebirge auf der südlichen Hälfte, die Cordilleren und die Herkynischen Berge am Ostrande der Mondscheibe.

Da der Mond — wenigstens auf der uns sichtbaren Seite — keine oder doch nur eine sehr dünne Atmosphäre hat, so wird das auf ihn fallende Sonnenlicht auch nicht zerstreut, und es giebt nur helles Licht und tiefen Schatten, wobei allerdings, wie schon erwähnt, in der Lichthelligkeit Abstufungen bemerkbar sind, die auf die verschiedene Rückstrahlungsfähigkeit der Stoffe zurückzuführen sind, auf welche das Licht fällt. Hierin wird wohl auch eine Erklärung für die von den verschiedensten Beobachtern konstatierte verschiedenartige Färbung einzelner Teile der Mondoberfläche zu finden sein. Der ganze mittlere Teil des im südwestlichen Teile der Mondscheibe gelegenen „Mare serenitatis“ ist deutlich hellgrün, während in dem im Südosten gelegenen „Mare humorum“ ein dunkleres Grün vorherrscht, das dem Nordpol naheliegende „Mare frigoris“ schmutzig gelbgrün erscheint und eine südwestlich vom „Mare serenitatis“ gelegene sogenannte Lagune (Palus somnii) eine eigentümliche goldbraune Färbung zeigt. Im ganzen weist die Mondoberfläche die verschiedensten Töne von blassem Gelb, Grau und Weiß auf, und häufig geht das Gelb in ein blasses Braun über. In den helleren Teilen der hohen Berggegenden und der Wälle der großen Ringgebirge zeigt sich ein auffälliger Gegensatz von einem Grauweiß von bedeutender Lichtstärke mit einer deutlichen Färbung von Gelb und einem Weiß, das von geringer Lichtstärke ist und einen dünnen bläulichen Schimmer von fast opalisierendem Charakter zeigt. Auch das Weiß der helleren Krater scheint mehr bläulich zu sein, im Gegensatze zu dem gelblicheren Lichte der Ringgebirge, die es indes an Intensität der Färbung übertrifft.

Vom Monde aus gesehen bietet die Erde einen ähnlichen Anblick dar, wie ihn der Mond dem unbewaffneten Auge gewährt, nur mit dem Unterschiede, daß die Größe des Lichtbildes den größeren Massen des Erdkörpers entspricht. Je nach der Stellung, die der Mond zur Sonne und zur Erde einnimmt, wird diese letztere vom Monde aus als voll, halb oder nur sichelförmig erleuchtete Scheibe gesehen werden, und wenn wir unsere für diese

Lichtphasen gebräuchlichen Bezeichnungen auf die Mondverhältnisse übertragen, so können wir dieselben als Voll- oder Neuerde, als erstes und letztes Erdviertel bezeichnen. Wenn wir Neumond haben, der Mond also zwischen Sonne und Erde steht, so wird letztere, da ihre beleuchtete Seite dann dem Monde zugekehrt ist, auf diesem als „Vollerde" erscheinen, wogegen die Zeit der „Neuerde" auf dem Monde mit derjenigen unseres Vollmondes, das erste Erdviertel mit unserem letzten Mondviertel und unser erstes Mondviertel mit dem letzten Erdviertel auf dem Monde zusammenfallen wird. Bei „Vollerde" würde vom Monde aus der Erdkörper, wenn er ohne Atmosphäre, Dunst und Wolkenhülle wäre, in ähnlicher Weise gesehen werden, wie wir ihn etwa in seiner Nachbildung im Globus erblicken; die Festländer würden in helleren, die Oceane in dunkleren Tönen erscheinen und, wenigstens in ihren groben Umrissen erkennbar, infolge der Rotation der Erde vor dem Auge eines Beobachters auf dem Monde vorüberziehen. Wegen des größeren Umfanges der Erdscheibe kommen für den Mond viel häufiger Sonnenbedeckungen (die wir als Mondfinsternisse sehen) durch den Erdschatten vor als für die Erde; Verfinsterungen der Erde, für uns als Sonnenfinsternisse sichtbar, sind dagegen für den Mond seltene Naturerscheinungen, weil der Kernschatten des Mondes die Erde garnicht oder nur mit seiner Spitze trifft, der durch den Mond bewirkte Halbschatten aber die Erde weniger verdunkeln dürfte, als etwa schwere Wolkenschichten.

Da sich der Mond in $29\frac{1}{2}$ Erdentagen einmal um seine eigene Achse dreht, so dauert der Mondtag für jeden Punkt seiner Oberfläche vom Anbruch des Morgens bis zum Anbruche der Nacht $14\frac{3}{4}$ Erdentage, und ebenso lange währt die Nacht. Für den Mond giebt es also, wie Diesterweg in seiner „Populären Himmelskunde" schreibt, innerhalb eines Zeitraumes von $29\frac{1}{2}$ Tagen nur einen einmaligen Auf- und Untergang der Sonne. Dagegen geht die Erde für den Mond niemals auf oder unter; von der einen ihr zugekehrten Mondseite aus wird sie immer gesehen und zwar stets so ziemlich an derselben Stelle, also von der Mitte der Mondscheibe aus stets im Scheitelpunkte, vom Rande der Scheibe aus stets am Horizont, soweit hierin nicht Abänderungen infolge der Librationen des Mondes (vergl. S 202) eintreten. Die Abbildung auf Seite 209 giebt den Anblick einer Mondlandschaft am Morgen eines Mondtages und zwar in einer Gegend, die dem Pol näher als dem Mondäquator gelegen ist. Die Sonne ist hierbei als im Rücken des Beobachters aufgehend gedacht und beleuchtet nur die höchsten Berggipfel mit ihrem vollen Lichte, während über das Thal und die Säume der tiefer gelegenen Erhöhungen bloß Streiflichter hinziehen, das Bild zeigt ein Ringgebirge mit Kratern und Rillen.

Im Gegensatze zur Erde, die durch ihre Lufthülle und die in derselben schwebenden Wolken- und Dunstmassen sowohl gegen die volle Sonnenglut, als auch gegen die rasche Wärmeausstrahlung nach dem kalten Weltraume geschützt ist, nimmt die von der Sonne beleuchtete Mondseite während ihres langen Tages die vom Tagesgestirn ausgestrahlte Wärme in die Thäler auf und läßt sie während der ebenso langen Nacht wieder in den kalten Weltraum hinausstrahlen. Infolgedessen muß die Temperatur auf dem Monde weit beträchlicheren Schwankungen unterworfen sein, als diejenige der Erde. Um den Mondmittag muß auf unserem Trabanten eine Temperatur herrschen, die diejenige unserer heißesten Tropengegend beträchtlich überschreiten dürfte, und die Abkühlung, die darauf während der langen Mondnacht folgt, muß die Temperatur bis zu Kältegraden herabsinken lassen, die diejenigen unserer Polargegenden noch weit übertreffen. Daß solche gewaltige Temperaturunterschiede nicht ohne Einfluß auf die Oberfläche des Mondes bleiben können, ist um so weniger zu bezweifeln, als die minder dichte Mondmasse jedenfalls empfindlicher für dieselben ist als die Erdmasse; in der That sind in neuerer Zeit Veränderungen an einzelnen Teilen der Mondoberfläche wahrgenommen worden, die man für die Bildung neuer Krater bezw. die Ausfüllung früher vorhandener Vertiefungen durch vulkanische Hebung gehalten hat, die aber ebenso gut als Einstürze der morschen Masse infolge der durch die Temperaturschwankungen hervorgerufenen starken Ausdehnung und Zusammenziehung derselben gedeutet werden können. Der amerikanische Astronom Frank W. Very sprach sich in einem Vortrage, den er vor einer Versammlung von Fachgenossen im

Sommer 1898 gehalten hat, folgendermaßen über die Verhältnisse auf unserem Trabanten aus: Auf dem Mond beträgt die Zeit, während welcher er von der Sonne beschienen wird, 14 Erdentage; so lang ist also ein Mondtag, eine Mondnacht ist ebenso lang. Es ist darum selbstverständlich, daß in den Tagen und Nächten eine sehr verschiedene Temperatur herrscht. Da der Mond keine nennenswerte Atmosphäre besitzt, so können die Strahlen der Sonne ungehindert auf seine Oberfläche einwirken, und während der Nacht wiederum kann die Ausstrahlung der erwärmten Mondhalbkugel (also die Abgabe der Wärme an den Weltraum) eben so leicht von statten gehen. Die Wärme, die der Mond von der Sonne empfangen hat und wiederum ausstrahlt, kann mit einiger Sicherheit gemessen werden, und ebenso kann das Verhalten der Gesteinsmassen — allerdings der irdischen — auf Leitung und Ausstrahlung der Wärme experimentell geprüft werden. Unter Zugrundelegung solcher Messungen und Experimente kommt Very zu dem Schluß, daß die Tagestemperatur des Mondes, besonders für die Gegenden, über denen die Sonne senkrecht steht, über die Siedetemperatur hinausgeht. Schon 24 Stunden vor Eintritt der Mondnacht kühlt sich die Temperatur infolge der Wärmeausstrahlung bis zum Nullpunkt ab, und in der Nacht herrscht die schauerlichste Kälte. Ferner konnte Very durch ein neues Experiment nachweisen, daß der Mond keineswegs mit einer Schneedecke oder mit Eis überzogen ist, da die Ausstrahlung einer von der Sonne beschienenen Schneefläche ein ganz anderes Verhalten zeigt, als es auf dem Monde wahrgenommen werden kann. Da es nun auf dem Monde kein Wasser giebt, keine Winde wehen und in seinem Innern keine glühenden Massen vorhanden sind, so fallen alle die umgestaltenden Kräfte weg, welche auf die Entwickelung der Erdoberfläche so mächtig eingewirkt haben und noch heute an ihrer stetigen Veränderung arbeiten. Allein diese umgestaltenden Kräfte werden auf dem Monde ersetzt durch den schroffen Temperaturwechsel. Die ununterbrochen aufeinander folgende Siedehitze und Eiskälte bringen in dem Gestein der Mondoberfläche Zerbröckelungen und tiefe Klüftungen hervor. Es sind auf dem Monde bereits deutliche Veränderungen wahrgenommen worden, so vor einiger Zeit von H. J. Klein; diese müssen aber, um gesehen zu werden, schon einen beträchtlichen Umfang besitzen. Und da andere umgestaltende Faktoren auf dem Monde nicht vorhanden sind, so dürften diese mächtigen Veränderungen dem jähen Temperaturwechsel zuzuschreiben sein.

Nehmen wir indes auch an, daß die Mondoberfläche bis in bedeutende Tiefen hinab unter dem Einflusse der zeitweiligen Sonnenglut und des fortwährenden jähen und äußerst schroffen Temperaturwechsels mit der Zeit vollständig zerbröckelt würde, so bliebe doch immer die Anziehungskraft, die diesen Schutthaufen an die Gesamtmasse fesseln würde, und es bedürfte unter allen Umständen einer mächtigen äußeren Kraft, um dieselben mit einem Male in den Weltraum hinaus zu schleudern. Anders aber verhält es sich hinsichtlich der Frage, ob nicht eine allmähliche Zerstreuung desselben denkbar wäre. Wenn die Deutung des Zodiakallichtes der Erde, der Sonnencorona und des Venusschimmers als kometenschweifartig von der Sonne beleuchtete Anhängsel der betreffenden Himmelskörper von äußerst geringer Dichtigkeit richtig ist, dann wäre auch die Ansicht nicht ausgeschlossen, daß der Mond in ähnlicher Weise einen Schwarm kleiner Trümmer hinter sich herschleppt, der — wie dies auch bei den Kometen in Bezug auf die Sonne der Fall ist — von unserem Planeten als seinem Centralkörper stets abgekehrt ist. Träfe diese Ansicht zu, dann ließe sich an dieselbe wohl auch der weitere Gedanke anknüpfen, daß ein Teil jener Meteoritenschwärme, die teils regellos, teils an gewisse Bahnen gefesselt, im Weltraum vorhanden sind und uns zuweilen Sendlinge zuschicken, aus solchen Mondabfällen besteht.

Man sieht aus allem Vorhergesagten, daß die Verhältnisse auf dem Monde oder wenigstens auf der uns zugekehrten Halbkugel desselben trotz mancher schöner Naturerscheinungen, wie beispielsweise des großartigen Anblickes der Erdscheibe, selbst dann nicht sehr einladend zur Niederlassung menschlicher oder menschlich empfindender Wesen wären, wenn durch das Vorhandensein von Luft und Wasser die Vorbedingungen für die Entwickelung und Erhaltung organischen Lebens geboten wären. Aus der Ferne betrachtet,

ist der Mond allerdings — trotz aller üblen Nachreden, die ihm schon von alters her zugefügt worden sind — eine Zierde unserer kosmischen Umgebung und ein schätzbarer Gefährte unseres Planeten. „Der Mond belebt und verherrlicht", wie Humboldt rühmend hervorhebt, „mehr als alle anderen Planeten, durch Verschiedenheit seiner Phasen und durch den schnelleren Wechsel seiner relativen Stellung am Sternenhimmel, unter jeglicher Zone den Anblick des Firmamentes; er leuchtet erfreuend dem Menschen und (vornehmlich in den Urwäldern der Tropenwelt) den Tieren des Waldes. Der Mond, durch die Anziehungskraft, die er gemeinschaftlich mit der Sonne ausübt, bewegt unsere Oceane, das Flüssige auf der Erde, verändert allmählich durch periodische Anschwellung der Oberfläche und die zerstörenden Wirkungen der Flut den Umriß der Küsten, hindert oder begünstigt die Arbeit des Menschen, liefert den größten Teil des Materials, aus dem sich Sandsteine und Konglomerate bilden, welche dann wiederum von den abgerundeten, losen Geschieben des Schuttlandes bedeckt sind. So fährt der Mond, als eine der Quellen der Bewegung, fort, auf die geognostischen Verhältnisse unseres Planeten zu wirken."

Betrachtet man aber den Mond, unabhängig von seinen Beziehungen zur Erde, als selbständiges Individuum, so zeigt er sich in einem ganz anderen Lichte. Die mannigfaltigen Lebenserscheinungen, die er auf der Erde hervorruft, stehen im schroffen Gegensatze zu der starren Leblosigkeit, der er selbst verfallen ist, und vom Standpunkte der entwickelungsgeschichtlichen Betrachtung erscheint er als ein im Verfalle begriffener Weltkörper, in dessen Lebensgeschichte nur noch das letzte Kapitel fehlt. Immer enger und enger zieht sich die Spirale seiner Bahn um die Erde zusammen, und wenn auch noch Jahrtausende oder Jahrmillionen darüber vergehen mögen, einmal wird mit unfehlbarer Sicherheit der Augenblick eintreten, da die Anziehungskraft der Erde das Uebergewicht über den Rest seiner Schwungkraft gewinnen und ihn herniederziehen wird, um ihn wieder in ihren Schoß aufzunehmen, dem er entsprossen ist. Dann wird vielleicht unser eigener Planet schon längst in jenes Greisenalter getreten sein, dessen Spuren heute der Mond uns erkennen läßt. Auch die Bahn der Erde wird sich mehr und mehr dem Centralkörper genähert haben, der schon vorher seine jüngeren Sprößlinge, Merkur und Venus, verschlungen haben wird. Der vermorschte Körper der Erde wird das belebende und befruchtende Element, das Wasser seiner Oceane, den Sauerstoff seiner Luft aufgesogen und zu chemischen Verbindungen mit seinen festen Bestandteilen verbraucht haben, alles Leben wird von ihm verschwunden sein und auch ihm wird im Haushalte des Kosmos nur noch die letzte Aufgabe zu erfüllen bleiben: der Sonne neuen Brennstoff zur Erhaltung ihrer belebenden Kraft zuzuführen, die dann vielleicht den jetzt ihr noch so ferne stehenden äußeren Planeten zu gute kommen wird.

Ehe wir uns von unserm nächsten Nachbar im Weltraume trennen, wollen wir noch kurz einer Art astronomischer Legende gedenken, die schon manchmal aufgetaucht ist und auch in neuester Zeit wieder viel von sich hat reden machen. Es ist dies die Meinung, daß es noch einen zweiten Erdenmond gebe, und daß auch mit diesem die Zahl der Erdtrabanten vielleicht noch nicht erschöpft sei.

Den ersten Anstoß zu dieser Vermutung gaben die wiederholten Erscheinungen dunkler Körper vor der Sonnenscheibe, neben denen zur Abwechselung auch von solchen die Rede war, die sich an ungewohnter Stelle als leuchtende Körper zeigten. Diese Erscheinungen sind längst erklärt worden; sie haben Anlaß zu der bereits in einem früheren Kapitel erwähnten Annahme des Vorhandenseins intramerkurieller Planeten gegeben, und wir haben gesehen, daß sie sich entweder als Sonnenflecken entpuppten oder auf Irrtümer der Beobachter zurückzuführen waren, sofern es sich nicht um Meteoriten handelte, über deren Wesen auch in der wissenschaftlichen Welt erst in neuerer Zeit das Licht besserer Erkenntnis sich verbreitet hat. Vor nicht viel mehr als Jahresfrist ist nun wieder in Hamburg ein Entdecker aufgetreten, der aus jenen Erscheinungen den Schluß ziehen zu können glaubte, daß die Erde noch einen zweiten dunklen Begleiter habe, der zeitweilig durch das Vorübergehen an der Sonne sichtbar werde. Seinen Berechnungen zufolge sollte dieser Mond am

3. Februar 1898 neuerdings die Sonnenscheibe passieren und dann der Beobachtung zugänglich sein. Die Voraussage des Hamburger Entdeckers traf zwar nicht auf den Tag ein, doch wollten am nächstfolgenden Tage mehrere Personen in Greifswald den Vorübergang eines dunklen Körpers an der Sonne beobachtet haben. Obwohl sich nun herausstellte, daß die Bewegung jenes Körpers nicht der Richtung folgte, die der Erdenmond sowie überhaupt alle Planeten und alle Monde um den gemeinsamen Centralkörper bei ihrem Kreislaufe annehmen, sondern in umgekehrter Richtung von Osten nach Westen sich vollzog, so verstummte das Gerücht von dem zweiten Monde doch nicht. Der Entdecker glaubte vielmehr, daß die Greifswalder Erscheinung, die allerdings mit seinem zweiten Mond nicht identisch sein konnte, weil er für diesen die rechtläufige Bewegung festgestellt haben wollte, auf einen dritten Erdmond zu beziehen sei, dessen rückläufige Bewegung er ohne weiteres zugeben konnte, weil dieselbe eben seiner eigenen Entdeckung nicht widersprach. Sofort wurden nun auch Umlaufzeit und Bahn dieses dritten Mondes berechnet und die Feststellung seiner künftigen Erscheinungstermine vorgenommen. Seither hat sich der Forschungsdrang und die Entdeckungslust mancher Leute mit diesen und anderen neuen Erdmonden beschäftigt und selbst die berufenen Astronomen konnten nicht umhin, dieser Frage ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Das Ergebnis der infolgedessen angestellten Beobachtungen und Erhebungen war indes ein negatives. Zu derselben Zeit, in welcher die Greifswalder Erscheinung beobachtet wurde, hat auch auf den Sternwarten von Pola und Jena eine sorgfältige Beobachtung der Sonne stattgefunden, doch hat man von einer solchen Erscheinung schlechterdings nichts bemerkt. Jedenfalls hat das Greifswalder Phänomen den niedrigsten Schichten der Erdatmosphäre angehört, so daß es nur innerhalb eines beschränkten Gebietes wahrgenommen werden konnte. Die Gründe, die von Seite der Astronomen gegen das Vorhandensein einer größeren kosmischen Masse in der Nähe der Erde geltend gemacht werden, sind mehrfacher Art. Zunächst ist es nicht denkbar, daß ein Himmelskörper, dem man die Eigenschaften eines Trabanten der Erde zuerkennen dürfte, selbst bei äußerst geringer Leuchtkraft mittels der Himmelsphotographie nicht entdeckt werden sollte; überdies müßte er aber auch seine Anwesenheit durch die Wirkung seiner Anziehungskraft verraten. War es seiner Zeit Leverrier gelungen, den Neptun einzig und allein infolge der Störungen, die seine Anziehungskraft auf die Bahn des Uranus ausübte, zu entdecken, bevor ihn noch ein menschliches Auge erblickt hatte, so müßte doch weit eher ein der Erde so naher Himmelskörper den Astronomen zunächst durch die Wirkung seiner Anziehungskraft seine Anwesenheit verraten haben. Die thatsächlichen Verhältnisse der Bewegungen des Mondes stimmen aber so genau mit dem Ergebnisse seiner Bahnberechnung überein, daß es völlig ausgeschlossen ist, daß ein in diese Berechnung nicht miteinbezogener Faktor von so großer Bedeutung, wie sie einem zweiten Erdmonde zukommen müßte, vorhanden sein kann. Wir werden uns also wohl vor der Hand noch mit dem einen Monde begnügen müssen, der uns beschieden ist.

Wir gehen nun zu einem anderen unserer nächsten Nachbarn im Kosmos über, der des Interessanten und Wissenswerten noch weit mehr bietet, als der Mond. Es ist dies der Mars, den wir im nächsten Kapitel eingehender behandeln wollen.

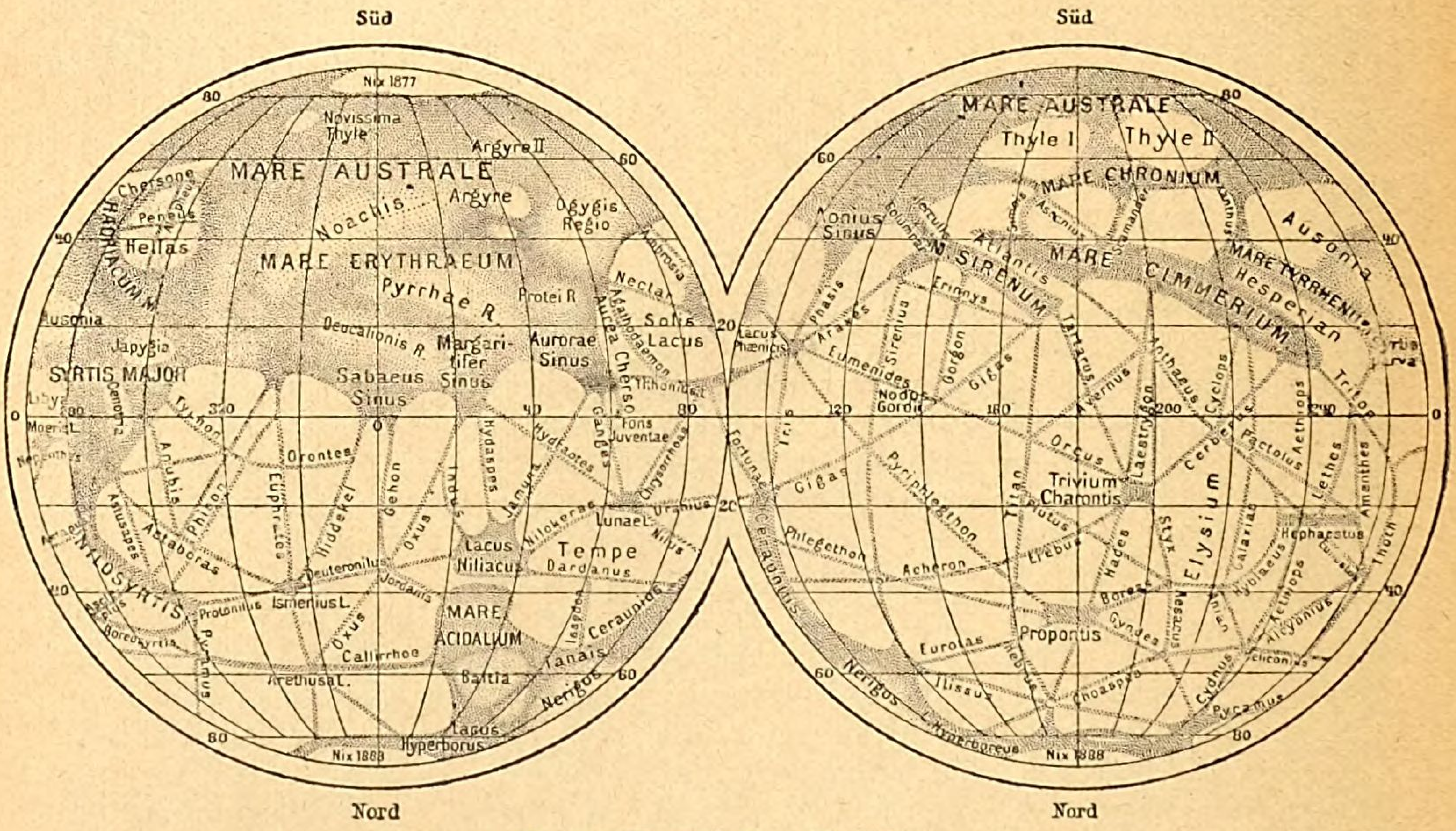
Zweites Kapitel.

Der Mars.

Von allen unserem Sonnensystem angehörigen Himmelskörpern ist der Mars derjenige, der die größte Aehnlichkeit mit unserer Erde hat und dessen Verhältnisse eher als diejenigen aller übrigen Planeten der Annahme des Vorhandenseins organischen Lebens Spielraum gewähren. Der Mars ist von einer an Wasserdämpfen reichen Atmosphäre umgeben und zeigt an seinen beiden Polen weiße Flecken, deren Form und Größe mit den Jahreszeiten dieses Planeten wechseln, und die daher nicht mit Unrecht als Schnee- oder Eisfelder gedeutet werden. Sein Durchmesser überschreitet nur wenig das Maß des Halbmessers der Erde und man darf daher annehmen, daß er als der ältere Planet in seinem Entwickelungsgange weiter vorgeschritten ist als diese, was, wie bereits erwähnt, bei den großen Planeten Jupiter und Saturn trotz ihres so bedeutend höheren Alters allem Anschein nach nicht der Fall ist (wie sich in dieser Beziehung Uranus und Neptun verhalten, wird uns bei deren großer Entfernung von unserm Planeten wohl für ewige Zeiten ein Geheimnis bleiben). Die mittlere Entfernung dieses Planeten von der Sonne beträgt etwa ein Drittel mehr, als diejenige der Erde von dem gemeinsamen Centralkörper; die Neigung seiner Umdrehungsachse zu seiner Bahn ist größer als diejenige der Erdachse zur Ekliptik, daher müssen die klimatischen Verhältnisse dieses Planeten schroffere Unterschiede zeigen als bei uns, und dies um so mehr, weil die Bahn des Mars sehr excentrisch ist und auch verhältnismäßig bedeutender Sonnennähe eine Periode relativ großer Sonnenferne folgt. Der Jahreszeitenwechsel gestaltet sich nach Diesterwegs „Populärer Astronomie“ folgendermaßen: Auf der Nord-Halbkugel dauert der Frühling 191 Marstage, die nur um weniges länger als die Erdentage sind*), während das Marsjahr beinahe doppelt so viel Marstage, als das Erdenjahr Erdentage zählt ($668^1/_3 = 687$ Erdentage). Zeichnet sich der Marsfrühling durch seine Länge aus, so ist hinsichtlich des Marswinters das Gegenteil der Fall, denn dieser zählt nur 147 Tage. Der Herbst hat eine Dauer von $149^1/_3$, und der Sommer eine solche von 181 Tagen. Auf der Südhalbkugel kehren sich aber diese Verhältnisse um: für diese steht nämlich die Sonne zur Zeit der Sonnennähe des Mars am höchsten, zur Zeit der Sonnenferne aber am tiefsten. Hier herrscht also ein kurzer, aber verhältnismäßig sehr heißer Sommer und ein langer, sehr kalter Winter. Infolge dieser Verhältnisse schmelzen die Schnee- und Eismassen während der Sommerszeit an den Polen des Mars bis zur Unsichtbarkeit zusammen, ein Fall, der beispielsweise 1894 eingetreten ist; die Schmelzwasser strömen dann der gemäßigten Zone derjenigen Halbkugel zu, die gerade Sommer hat, verdunsten hier während der heißen Jahreszeit und verdichten sich, wenn die Temperatur wieder abnimmt, zu Wolkenmassen, die dann in den Polargegenden wieder als Schnee niederfallen. Was nun die Verteilung von Wasser und Festland auf der Oberfläche des Mars betrifft, deren Flächeninhalt nur etwa den vierten Teil desjenigen der Erdoberfläche beträgt, so hat es den Anschein, daß die Wassermenge auf diesem Planeten eine verhältnismäßig weit geringere ist als auf der Erde, denn man hat mittels der großen Fernrohre der Gegenwart festgestellt, daß der Mars keine freien Oceane mehr besitzt, deren

*) Die Tageslänge auf dem Mars ist kürzlich wiederum von dem englischen Astronomen Denning genau bestimmt worden. Es wurden zahlreiche Beobachtungen benutzt, die im Monat Februar der Jahre 1869 und 1884 gelegentlich der größten Erdnähe dieses Planeten gemacht wurden. Als Fixpunkt galt dabei die sogenannte Große Syrte, eines der bekanntesten Landschaftsgebilde auf der Marsoberfläche. Die letzte Beobachtung geschah dann am 7. März 1899. Zwischen dieser und der ersten Beobachtung am 4. Februar 1869 lagen 10 967 Tage, 21 Stunden und 31 Minuten, während welcher Zeit der Mars 10 710 Achsenumdrehungen vollführt hatte. Die Dauer der einzelnen Umdrehung beträgt demnach 24 Stunden 37 Minuten 22,7 Sekunden, etwas über eine halbe Stunde mehr als der Erdentag

Becken zwar noch vorhanden sind, aber zum größeren Teile von sumpfigen Gebieten ausgefüllt werden, die freilich zur Frühlingszeit ausgedehnten Ueberschwemmungen unterworfen sein dürften. Ein Gegensatz von Süß- und Salzwasser, wie ihn unsere Erde in ihren fließenden Gewässern und Binnenseen einerseits und den Meeren andererseits darstellt, ist auf dem Mars nach dem jetzigen Stande der Beobachtungen kaum anzunehmen. Denn die Wasserbecken sind untereinander durchwegs in eigentümlicher Weise verbunden, und keine dieser Verbindungen erscheint — nach Schiaparellis Beobachtungen — inmitten eines Festlandgebietes unterbrochen zu sein. Danach kann man also nicht an Flüsse denken, die durch Quellen gespeist werden, sondern man hat sich vielmehr die Wasserläufe des Mars als Kanäle vorzustellen, und als solche werden sie von den Astronomen auch thatsächlich bezeichnet. Ueber die eigentümlichen Verhältnisse dieser Kanäle äußert sich Schiaparelli in folgender Weise: „Zunächst erkennt man, daß der größere Teil dieser Kanäle annähernd in Bogen auf der Oberfläche des Mars verlaufen, die Teile größter Kreise*) derselben

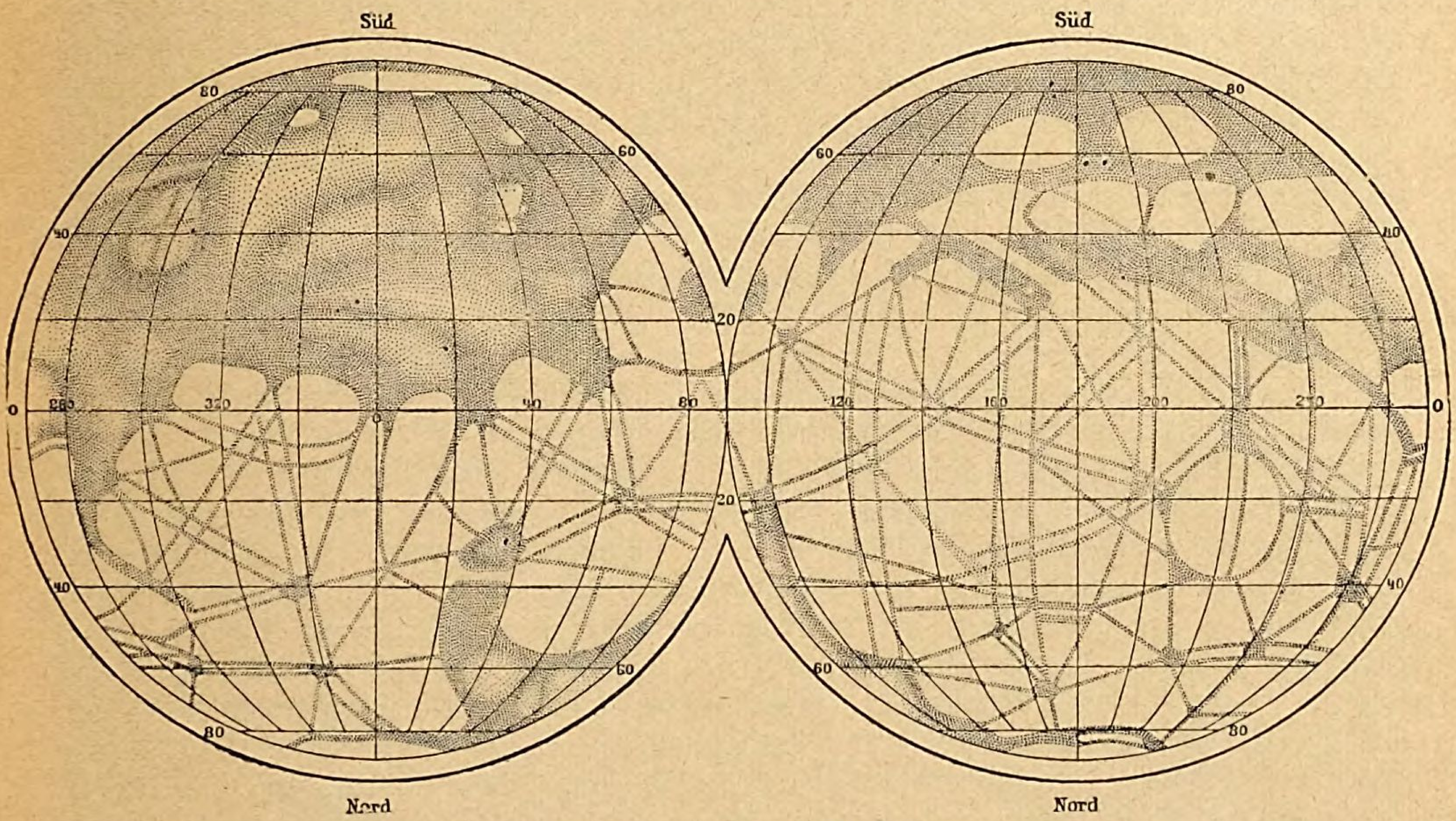


Mars mit einfachen Kanälen.

entsprechen. Ferner bemerkt man noch eine andere, völlig allgemein auftretende Eigentümlichkeit, nämlich die, daß jeder Kanal mit seinen beiden Enden in ein anderes Gewässer, Meer, See, Kanal oder eine Kreuzungsstelle von letzteren einmündet. Die Kanäle schneiden sich unter allen möglichen Winkeln, und es giebt mehrere Stellen, wo ihrer drei bis sieben zusammentreffen; an solchen Stellen findet sich gewöhnlich eine dunklere Stelle, ein See, der hinsichtlich seiner Ausdehnung und seines Aussehens gewissen Veränderungen unterworfen ist. Die Länge der Kanäle ist sehr verschieden; während sie bei einigen nur 10—15 Grad beträgt, umspannen andere in völlig regelmäßigen Linien etwa den vierten Teil des ganzen Planetenumfanges. Die große Gleichförmigkeit und die Zusammensetzung dieses Kanalsystems ist so seltsam und überraschend, daß man unwillkürlich dazu gedrängt wird, in der Verteilung dieser Linien irgend ein einfaches Gesetz zu suchen. Schiaparelli ist jedoch der Meinung, daß eine solche Untersuchung gegenwärtig um so weniger Aussicht auf Erfolg

*) Größte Kreise auf der Kugeloberfläche sind solche, deren Ebene im Kugelquerschnitte auf den Mittelpunkt der Kugel trifft.

bietet, als die aus den Ergebnissen mühsamer und durch ungünstige Verhältnisse oft unterbrochener Beobachtungen zusammengestellten Marskarten (unsere nebenstehende Abbildung stellt eine solche dar) noch keineswegs genau und vollständig genug sind, um ein endgültiges Bild zu geben. Je nach der mehr oder weniger deutlichen Sichtbarkeit stellen sich nämlich die Einzelheiten dieses Kanalsystemes in sehr wechselreichen Formen dar, und zu diesem Wechsel mögen höchstwahrscheinlich auch Umstände beitragen, die in der Natur der Kanäle selbst begründet sind. So kann, wie aus Schiaparellis Beobachtungen hervorgeht, ein Kanal während kürzerer oder längerer Zeit unsichtbar bleiben, wenngleich die zur Zeit der Beobachtung gegebenen Nebenumstände ganz dieselben sind. Oft deutet sich der Kanal nur durch einen blassen unregelmäßigen Schatten an, der sich bald wie ein grauer, einer langgestreckten Wolke ähnlicher Streifen, bald wieder einfach wie die Verdunkelung der rötlichen Landfläche ansieht, durch die er sich hinzieht. Sehr häufig ist der Rand des Kanals zu beiden Seiten verwaschen, die Mitte aber dunkel. Als ganz reiner Typus stellt sich der



Mars mit doppelten Kanälen.

Gesamtkanal als eine dunkle, mitunter vollständig schwarze, scharf begrenzte Linie dar, die in ihrer ganzen Länge völlig gleichförmig verläuft. In seltenen Fällen erschienen die beiden Kanalränder auch deutlich getrennt und mit kleinen Krümmungen oder Zacken versehen. Die Breite der Kanäle schätzt Schiaparelli auf 60—300 km; manchmal erscheint sie an dem einen Kanalende beträchtlicher als an dem anderen, und zuweilen zeigt auch ein und derselbe Kanal verschiedene Breiten. So war der kurze Kanal Simois auf der südlichen Halbkugel im September 1877 völlig unsichtbar, trat aber dann im Oktober desselben Jahres als feine Linie hervor und erschien 1879 schwarz und breit wie die größten Kanäle.

Die merkwürdigste Veränderung jedoch, die an den Marskanälen beobachtet wurde, ist die Verdoppelung derselben. „Ein beliebiger Kanal“ — so schreibt Schiaparelli — „wurde unter einer der vorhin beschriebenen Formen oder auch nacheinander unter verschiedenen dieser Formen beobachtet; dann trat — nach wenigen Tagen oder vielleicht auch nur Stunden — ein Umformungsprozeß ein, dessen Einzelheiten bisher nicht beobachtet werden konnten, und jetzt zeigte sich der Kanal plötzlich verdoppelt, d. h. aus zwei sehr nahe beieinander stehenden Streifen zusammengesetzt, deren Verlauf in der Regel ein gleichförmiger

und paralleler war. Durch genaue Vergleichung mit den umgebenden Einzelheiten konnte in vielen Fällen nachgewiesen werden, daß einer der beiden Streifen genau oder doch annähernd die Stelle des früheren einfachen Kanals behauptet hat; doch fand Schiaparelli auch Abweichungen von dieser Regel bei Gelegenheit von Beobachtungen, die er im Jahre 1888 anstellte. In solchen Ausnahmefällen verschwand jede Spur des alten Kanals, und die beiden neuen Linien stimmten dann mit der Hauptrichtung und Lage desselben nur beiläufig überein. Die Entfernung zwischen den beiden Doppelkanälen ist sehr verschieden und kann im Maximum auf 10 oder 12 Grad, bei sehr langen und unbestimmten Verdoppelungen sogar auf 15 Grad geschätzt werden, wogegen auch Zwischenräume von nur 3 Grad und darunter beobachtet wurden, und häufig nur aus dem eigentümlichen Aussehen einer Linie die Mutmaßung geschöpft werden kann, daß sie doppelt ist, ohne daß jedoch die beiden sie zusammensetzenden Linien wegen ihrer sehr geringen Entfernung von einander unterschieden werden könnten. Die gewöhnlich gleichförmige Entfernung der beiden Streifen von einander ändert sich aber von einer Verdoppelung zur andern und kann das eine Mal zu kaum wahrnehmbarer Zwischenlinie zusammenschrumpfen, das nächste Mal bis zu 3 Grad sich ausdehnen. In der Regel ist der Zwischenraum breiter als jeder der Streifen, manchmal fand ihn Schiaparelli von gleicher Breite wie diese und selbst schmäler, letzteres besonders dann, wenn die Doppelkanäle als sehr breite Streifen erschienen. Bei sehr schmalen Verdoppelungen sind die Kanallinien gewöhnlich schwarz oder doch dunkel, breitere Streifen erscheinen dagegen selten schwarz (oder auch braun), sondern haben vielmehr eine mehr oder weniger dunkle ziegelrote Farbe. Wurden sehr blasse Streifen von einem anderen Kanale durchschnitten, so zeigt sich nächst der Durchschnittsstelle eine merkliche Verstärkung der Färbung. Wird ein doppelter Kanal durch einen anderen in zwei Teile zerschnitten und erscheint einer der durchschnittenen Streifen auf der einen Seite des Schnittpunktes breiter und heller als auf der anderen Seite, so tritt dieselbe Erscheinung auch bei dem anderen Doppelstreifen ein. Das Eintreten der Verdoppelung der Kanäle vollzieht sich in verhältnismäßig kurzer Zeit und trat einigemale innerhalb 24 Stunden ein, die zwischen einer und der nächstfolgenden Beobachtung verstrichen waren. Die Verdoppelung vollzieht sich, soweit Schiaparellis Beobachtungen reichen, gleichzeitig auf der ganzen Länge des verdoppelten Kanales. Den Verlauf einer solchen Verdoppelung des Kanales Euphrates auf der nördlichen Halbkugel des Mars, der einer der längsten des ganzen Systems ist, wurde im Januar 1882 von Schiaparelli beobachtet. Bis zum 18. des genannten Monats war dieser Kanal, ohne irgend eine auffällige Erscheinung zu zeigen, als einfache Linie sichtbar, am 19. erschien er plötzlich bedeutend breiter und auf der linken Seite nebelartig verschwimmend. Leider wurde die Beobachtung am 20. durch dichten Nebel verhindert, aber am 21. hatte sich die Verdoppelung völlig unzweifelhaft und vollständig vollzogen. Um dieselbe Zeit erschies ein anderer Kanal, der Ganges, einfach bis zum 12.; am 13. zeigte sich längs seinen rechtsseitigen Randes ein leichter nebelhafter Streifen, der am 18. und 19. wieder unsichtbar wurde. Jetzt erschien das ganze umgebende Gebiet wie mit weißen Flecken übersäet. Am 20. waren diese Flecken nicht mehr vorhanden, dagegen fand sich der neue Streifen wieder vor, diesmal dunkler und schärfer begrenzt. Von da an blieb der Ganges bis zum Schluß der Beobachtungen verdoppelt. Das Auftreten einer weißen oder weißlichen Färbung um einen Kanal ist zur Zeit der Verdoppelung desselben wiederholt beobachtet worden, und zwar zeigt sich diese weiße Färbung sehr deutlich zwischen den beiden Linien der Verdoppelung. Ziemlich häufig hat Schiaparelli beobachtet, wie sich die beiden Linien aus einer grauen, mehr oder weniger dichten, in der Richtung des Kanales sich ausbreitenden Nebelmasse gleichzeitig loslösten, und es schien ihm, daß dieser nebelhafte Zustand eine hauptsächliche Erscheinung bei der Bildung der Verdoppelungen ist.

Die Entdeckung dieser Doppelkanäle war es hauptsächlich, die Veranlassung zu dem Wiederaufleben jener Spekulationen gab, mit denen sich die wissenschaftliche Welt hinsichtlich der Frage des Vorhandenseins organischen Lebens auf anderen Himmelskörpern schon seit

langem beschäftigt hat. Wie ernst diese Frage von einzelnen Forschern genommen wird, beweist unter anderem die Aeußerung des französischen Astronomen Camille Flammarion (geb. 1842, seit 1882 Direktor einer Privatsternwarte in Juvisy bei Paris) in seinem 1889 erschienenen Buche „Urania", in welchem dieser Gelehrte, der schon 1862 in seinem in 34 Auflagen erschienenen Buche „Die Mehrzahl der Welten bewohnt" des Ausführlichen das in Rede stehende Thema behandelt hat, schreibt: „Der Tag wird kommen, und zwar in nächster Zeit, wo das Studium der Lebensbedingungen in den verschiedenen Gebieten des Weltalls der Hauptgegenstand und der große Anziehungspunkt der Astronomie sein wird. Statt sich einfach mit der Entfernung, der Bewegung und der stofflichen Masse der Nachbarplaneten zu beschäftigen, werden die Astronomen bald deren physische Beschaffenheit, ihren geographischen Charakter, ihre klimatischen und Witterungsverhältnisse entdecken, werden in das Geheimnis ihrer Lebensorganisation eindringen und sich über ihre Bewohner streiten. Sie werden finden, daß Mars und Venus gegenwärtig mit denkenden Wesen bevölkert sind, daß Jupiter dagegen noch in der ersten organischen Vorbereitungsperiode steht, daß Saturn unter Bedingungen dahinschwebt, die ganz verschieden von denen sind, die bei der Herausbildung des Erdenlebens vorlagen, und daß er, ohne jemals einen der Erde ähnlichen Zustand durchzumachen, von Wesen bewohnt sein wird, die mit irdischen Organismen unvereinbar sind. Neue Methoden werden zur Kenntnis der physischen und chemischen Beschaffenheit der Gestirne, der Natur der Atmosphären führen. Vervollkommnete Instrumente werden sogar gestatten, direkte Beweise für das Dasein jener planetarischen Menschengeschlechter zu liefern, und daran zu denken, mit ihnen in Verbindung zu treten. Dies ist die wissenschaftliche Umgestaltung, die das Ende des 19. Jahrhunderts kennzeichnen und das 20. einleiten wird."

Man sieht aus dem Vorstehenden, daß der französische Gelehrte in seiner Begeisterung für den Gegenstand da, wo er von der Lebewelt des Saturn spricht, von jener Grundregel abweicht, die wir in der Einleitung des dritten Abschnittes dieses Buches angeführt haben, von der Regel nämlich, daß bei der Beurteilung kosmischer Verhältnisse stets nur von Voraussetzungen ausgegangen werden darf, die ihre Begründung in uns bekannten Naturverhältnissen und Naturgesetzen finden. In den entgegengesetzten Fehler verfällt er, wenn er von „planetarischen Menschengeschlechtern" spricht und die Existenz denkender Wesen auf der Venus und dem Mars voraussetzt, denn diese Voraussetzung kann nur auf der Annahme beruhen, daß der Entwickelungsgang der organischen Welt auf jenen Planeten denselben Verlauf genommen haben müsse wie auf der Erde. Diese Annahme ist aber vollkommen unrichtig; denn wenn auch die atmosphärischen und sonstigen Verhältnisse auf den genannten Planeten die Annahme zulassen, daß dort die Bedingungen zur Entstehung und Unterhaltung organischen Lebens geboten sind, so ist damit doch keineswegs gesagt, daß auch die Entwickelungsbedingungen die gleichen sein müssen oder können, wie auf der Erde. Schon die größere Annäherung der Venus zur Sonne, die größere Entfernung des Mars von derselben und die damit verbundene Verschiedenheit der Temperatur, sowie die Dichtigkeits- und Größenverhältnisse der beiden Planeten weisen auf beträchtliche Unterschiede in den Lebensbedingungen der beiden Himmelskörper und der Erde hin und nötigen darum zu der Annahme, daß der Entwickelungsgang der organischen Lebewesen auf jedem derselben in ganz verschiedener Weise sich vollzogen haben müsse. Gerade so, wie das gemäßigte Klima unserer nördlichen Erdhälfte den auf derselben lebenden Pflanzen und Tieren eine zwar weniger üppige, dafür aber um so kräftigere und widerstandsfähigere Ausgestaltung verliehen und namentlich die Entwickelung der intellektuellen Anlagen des Menschen zur höchsten Stufe erhoben hat, dürfen wir annehmen, daß sowohl die organischen Wesen der Erde überhaupt als die Entwickelungsfähigkeit und der Entwickelungszustand der „denkenden Wesen" im Besonderen zu denjenigen der heißeren Venus und des kälteren Mars in einem ziemlich ähnlichen Verhältnisse stehen mögen wie der Europäer und Nordamerikaner zu den Bewohnern der Tropen oder wie die Tier- und Pflanzenwelt der gemäßigten zu derjenigen der heißen und kalten Zone. Selbstverständlich kann dieses Ver-

hältnis noch wesentlich modifiziert werden durch die anderweitigen, bereits erwähnten Unterschiede in den Verhältnissen der drei Planeten; damit würde aber nur ein weiterer Grund zu der Annahme gegeben sein, daß die Entwickelungsergebnisse Unterschiede von gleicher Mannigfaltigkeit aufzuweisen haben, wie die ihnen zu Grunde liegenden Entwickelungsbedingungen. Die Vorstellung der Menschenähnlichkeit der höchstentwickelten Bewohner anderer Himmelskörper ist übrigens nicht nur bei Flammarion zu finden. In der Laienwelt ist sie ganz allgemein und höchstens durch phantastische Verzerrung modifiziert. Der Mathematiker Gauß, zu dessen Zeit man sich den Mond doch bewohnbar vorgestellt hat, dachte ebenfalls an Mondmenschen, als er den Vorschlag machte, meilenweite Flächen mit Rasenanlagen in geometrischen Figuren zu schmücken, um dadurch die Aufmerksamkeit der Mondbewohner zu erregen, und ihnen dann durch Herstellung neuer Flächen von anderer geometrischer Form den Gedanken nahe zu legen, daß durch solche Zeichen, wenn sie solche auch ihrerseits wiederholen würden, eine Verständigung zwischen der Erden- und Mondmenschheit angebahnt werden könnte. Eine Variation dieser Idee gipfelte darin, durch großartige kotillonartige Arrangements von Flottenbewegungen auf hoher See eine Art Transplanetarischer Telegraphie ins Leben zu rufen. Die Grundlage derartiger Projekte ist selbstverständlich die Annahme, daß die Bewohner anderer Himmelskörper, soweit sie aus „denkenden Wesen" bestehen, mit dem gleichen Formensinn und geometrischen Verständnis ausgestattet seien, wie wir Kulturmenschen, daß ihnen also das Erscheinen solcher regelmäßigen Figuren notwendig auffallen müsse, umsomehr, wenn dasselbe plötzlich auftaucht, wieder verschwindet und neuen Figuren Platz macht, und daß schließlich auf dem Wege einer gleichen Gedankenverbindung, wie die, die zur Herstellung dieser Figuren Anlaß geboten hatte, eine Nachahmung des Experimentes auf dem entfernten Himmelskörper zu stande kommen und die Lösung des Problemes des gegenseitigen Austausches von Mitteilungen in Fluß gebracht werden könnte.

Nachdem man zur Ueberzeugung gekommen war, daß der Mond keine für eine Lebensluft genügende Atmosphäre besitzt, hat man diese Projekte wieder fallen lassen. Die Entdeckung der Kanäle des Mars weckte aber aufs neue den Gedanken an eine menschenähnliche Bevölkerung dieses Planeten. Die regelmäßigen Linien dieser Kanäle ließen dieselben als Kunstprodukte erscheinen, deren Entstehung nach menschlicher Auffassungsweise nur auf die Kunstfertigkeit von Menschenhänden zurückgeführt werden konnte. Eine am 30. Juni 1891 in dem Pyrenäenbade Pau verstorbene Dame überwies dem Institut von Frankreich ein Legat von 100 000 Frcs., das demjenigen ausgehändigt werden soll, dem es zuerst gelingen würde, den ersten Gedankenaustausch mit den Marsbewohnern herbeizuführen. Ein deutscher Professor, Kurd Laßwitz in Gotha, hat sich selbst und den Lesern seines geistreichen Romanes „Auf zwei Planeten" das Vergnügen bereitet, die Marsbewohner in allen Einzelheiten ihrer körperlichen und geistigen Individualität darzustellen, und wir wollen uns nicht versagen, einzelne Stücke aus seiner Darstellung hier wieder zu geben, wobei bemerkt werden mag, daß bei aller Freiheit des Spieles der Phantasie doch auch ein tiefes Durchdenken des Gegenstandes auf wissenschaftlicher Grundlage nicht in Abrede gestellt werden kann. So verweist Laßwitz beispielsweise auf die Klarheit und Durchsichtigkeit der Atmosphäre des Mars, infolge deren die Helligkeitsunterschiede auf diesem Planeten viel stärker sind als auf der Erde, und gelangt demgemäß zur Schlußfolgerung, daß die Augen der Marsbewohner größer und schöner als die der Menschen sein und ein sehr weit reichendes Accomodationsvermögen (Fähigkeit der Anpassung an die verschiedenen Entfernungen und Helligkeitsgrade der Gegenstände) besitzen müssen. „Bei schwachem Licht erweitern sich die dunklen Pupillen bis an den Rand der Augenlider, die sonst lichtbraunen mächtigen Augen werden dann tiefschwarz. Zugleich gewinnt dadurch das Mienenspiel der Marsbewohner eine überraschende Lebhaftigkeit." Von einer Marsschönheit sagt Laßwitz, ihr volles helles, etwas ins rötliche schimmerndes Blondhaar, dessen Farbe einigermaßen derjenigen der Theerose vergleichbar sei, erhebe sich in bezaubernder Zartheit wie eine Krone über dem weißen, reinen Teint des feingebildeten Antlitzes. „Wie eine leichte Wolke umhüllte ein

faltenreicher Schleier die ganze Gestalt und ließ nur den edel geformten Hals und den unteren Teil der Arme unbedeckt. Darunter aber schimmerten die Formen des Körpers wie in einen glänzenden Harnisch gekleidet; denn in der That bestand das enganschließende Kleid aus einem metallischen Gewebe, das, obgleich es sich der Bewegung auf das bequemste anpaßte und dem leichtesten Drucke nachgab, doch einen Panzer von größter Widerstandsfähigkeit bildete." Von der gleichen Ansicht wie Huygens ausgehend, wonach die Astronomie unter den Wissenschaften der auf anderen Planeten wohnenden menschenartigen Wesen eine besondere Rolle spielen soll, glaubt auch Laßwitz die Marsbewohner als besonders zur astronomischen Wissenschaft berufene Wesen ansehen zu sollen. Er begründet diese Ansicht wieder mit der Ruhe und Durchsichtigkeit der Marsatmosphäre und schreibt: „Mathematik und Naturwissenschaft waren zu einer Höhe der Entwickelung gelangt, die uns Menschen als ein fernes Ideal vorschwebt. Je mehr der alternde Mars durch seinen verhältnismäßig geringen Wasservorrat die Existenzbedingungen der Martier (Marsbewohner) erschwerte, um so großartiger waren die Anstrengungen gewesen, durch die sie die Technik der Naturbeherrschung ausbildeten. So schufen sie das Riesenwerk der Bewässerung des Planeten, und nachdem dessen Oberfläche vollständig erschöpft und besiedelt war, richtete sich die Aufmerksamkeit der Martier naturgemäß stärker als je über die Grenzen ihres Wohnplatzes hinaus auf ihren Nachbarn im Sonnensystem. Und was konnte sie hier mächtiger fesseln, als die Erde, die bald als Morgen-, bald als Abendstern alle anderen Sterne ihres dunklen, fast schwarzen Himmels überstrahlt?" Sie konnten bei ihren Fernrohren Vergrößerungen benutzen, wie sie bei den unserigen wegen der stets ungleichmäßig bewegten Luft niemals angewendet werden könnten, und mittels derselben wurde ihnen die Erde bis auf 10 000 km nahe gerückt, so daß sie noch Gegenstände von einer Ausdehnung von 2—3 km, also beispielsweise kleinere Städte, Festungen u. s. w. erkennen und wahrnehmen konnten, daß sich auf der Erde Einrichtungen befanden, die das Werk intelligenter Wesen waren. Hieran knüpft Laßwitz sehr geistreiche Ausführungen über die Art und Weise, wie die Marsbewohner das Mittel fanden, die Schwerkraft ihres Planeten zu überwinden und benachbarte Himmelskörper aufzusuchen. An dieser Stelle soll indes hierauf nicht weiter eingegangen werden; es genügt, zu zeigen, wie die Entdeckung der Marskanäle selbst einen wissenschaftlich geschulten Kopf anregen konnte, der Einbildungskraft die Zügel schießen zu lassen und sich in Phantasien zu ergehen, die, wenn ihnen auch noch so viel Gelehrsamkeit zur Grundlage dienen mag, doch immer nur Phantasien bleiben.

Die bereits erwähnte Verdoppelung der Marskanäle mußte natürlich bei oberflächlicher Beurteilung den Glauben noch bestärken, daß man es hier mit künstlichen Bauwerken zu thun habe. Wenngleich die plötzliche oder doch wenigstens binnen kurzer Zeit sich vollziehende Verdoppelung gegen eine solche Annahme zu sprechen scheint, so läßt sich doch gegen dieses Bedenken einwenden, das dieses rasche oder plötzliche Auftreten der Doppellinien ebenfalls die Wirkung des zielbewußten Eingreifens der Intelligenz menschlicher oder menschenähnlicher Wesen sei. Die dunklere Farbe der Kanäle wie der für Wasserflächen gehaltenen größeren Teile der Marsoberfläche beruht jedenfalls auf der verschiedenen Reflexion der Lichtstrahlen; wir brauchen daher nur ein willkürliches Zu- und Ablassen des Wassers in den Parallel-Kanälen vorauszusetzen, um uns diese Erscheinung zu erklären, wobei allerdings die von Schiaparelli beobachtete Nebelbildung am Beginn der Verdoppelung — eine immerhin nebensächliche Erscheinung — noch unerklärt bliebe. So lange die mit den Hauptkanälen parallel laufenden Ergänzungskanäle kein Wasser enthalten, bleiben sie, weil das leere Bett das Licht in gleicher Weise reflektiert wie der von ihnen durchschnittene feste Boden, unsichtbar, sobald aber die Kanäle dem Wasserzuflusse geöffnet werden, erscheinen die Doppellinien. Ob mit der Anlage dieser doppelten Kanäle die bessere Abfuhr überschüssigen Wassers oder die ausgiebigere Bewässerung von Kulturland beabsichtigt ist, bleibt eine offene Frage; immerhin läßt sich in dem einen wie in dem anderen Sinne eine Erklärung dafür finden. Uebrigens ist man auch auf die Vermutung gekommen, daß diese Verdoppelung einfach auf optischer Täuschung beruhe, und der französische Gelehrte Meunier hat in der Pariser

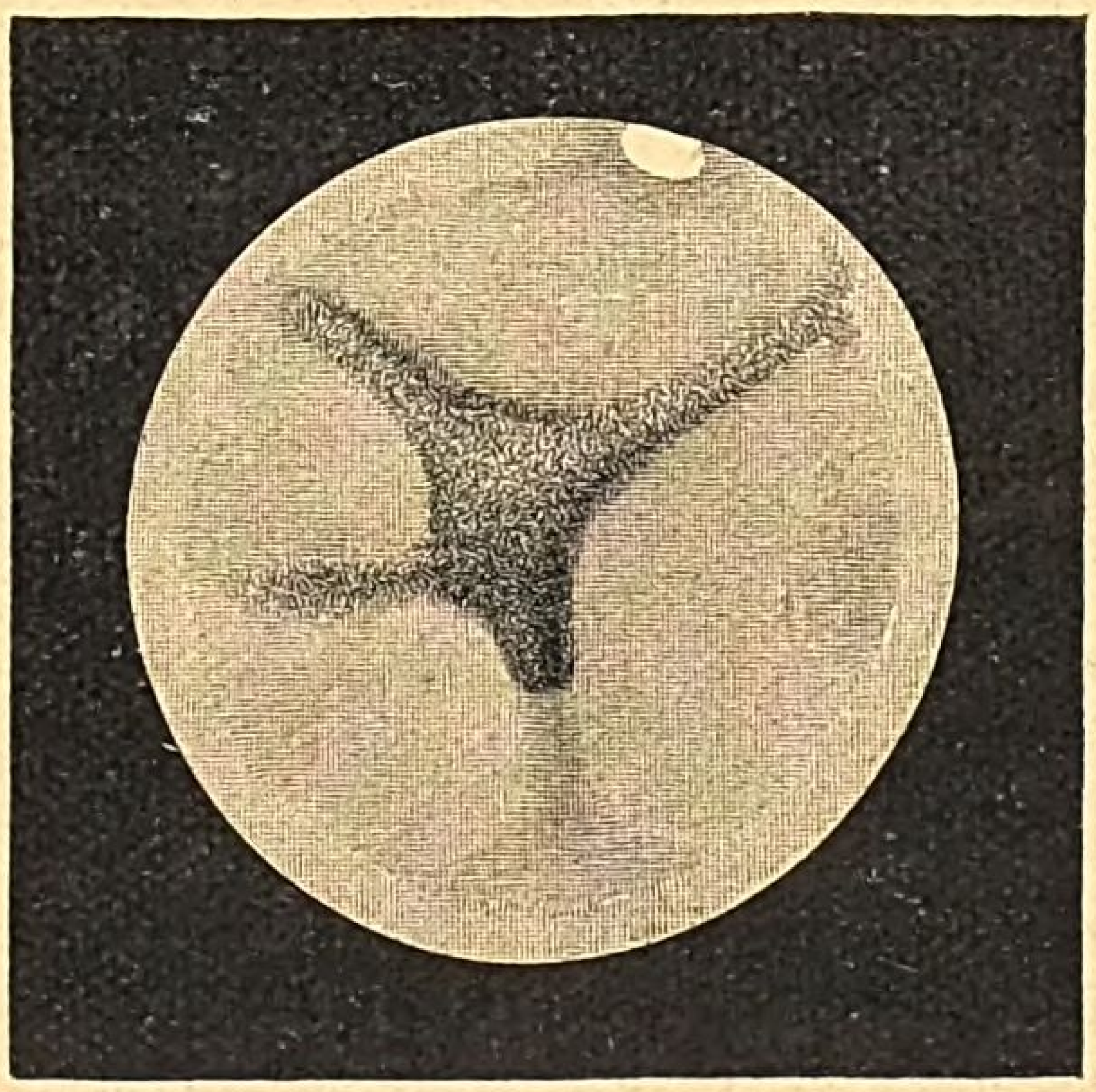
Akademie diese Annahme sogar durch das Experiment zu bekräftigen gesucht. Er trug die hauptsächlichsten Linien und Flecke der Marskarte mit schwarzem Firnis auf eine polierte Metallfläche auf und beleuchtete diese durch den Strahl einer Lichtquelle; wurde nun über die so vorbereitete Fläche in sehr geringer Entfernung von und parallel mit derselben ein mit feinem Musselin bespannter Rahmen gehalten, so waren die Linien und Flecke auf dem Gewebe doppelt wahrnehmbar. Auf den Mars und seine Doppelkanäle angewendet, sollte dieser Versuch Meuniers Meinung bekräftigen, daß das Luftmeer des Mars zeitweilig von ausgebreiteten Nebeln erfüllt sei, die eine ähnliche Spiegelung bewirken, wie die Musselindecke im Experiment; die die Oberfläche des Planeten beleuchtenden Sonnenstrahlen werden von dieser zurückgeworfen, und die Schatten der Kanäle werden für den irdischen Beobachter auf der Nebelfläche sichtbar, die unregelmäßige Begrenzung der Nebeldecke würde nach Meunier die Unregelmäßigkeiten erklären, die Schiaparelli an den Verdoppelungserscheinungen beobachtet hat; die bedeutenden Veränderungen, die in der Verdoppelung an denselben Kanälen oder Kanalteilen zu verschiedenen Zeiten beobachtet worden sind, glaubt Meunier aus der wechselnden Höhe der Nebeldecke und der Aenderung des Sehwinkels erklären zu können, unter welchem Nebeldecke und Marsoberfläche bei der jeweiligen Beobachtung infolge der Bewegung der Erde sich darstellen. Auch die von Schiaparelli beobachtete Verschiebung der Lage der Kanäle will Meunier aus Lichtbrechungs-Verhältnissen erklären, die in der Marsatmosphäre eintreten.

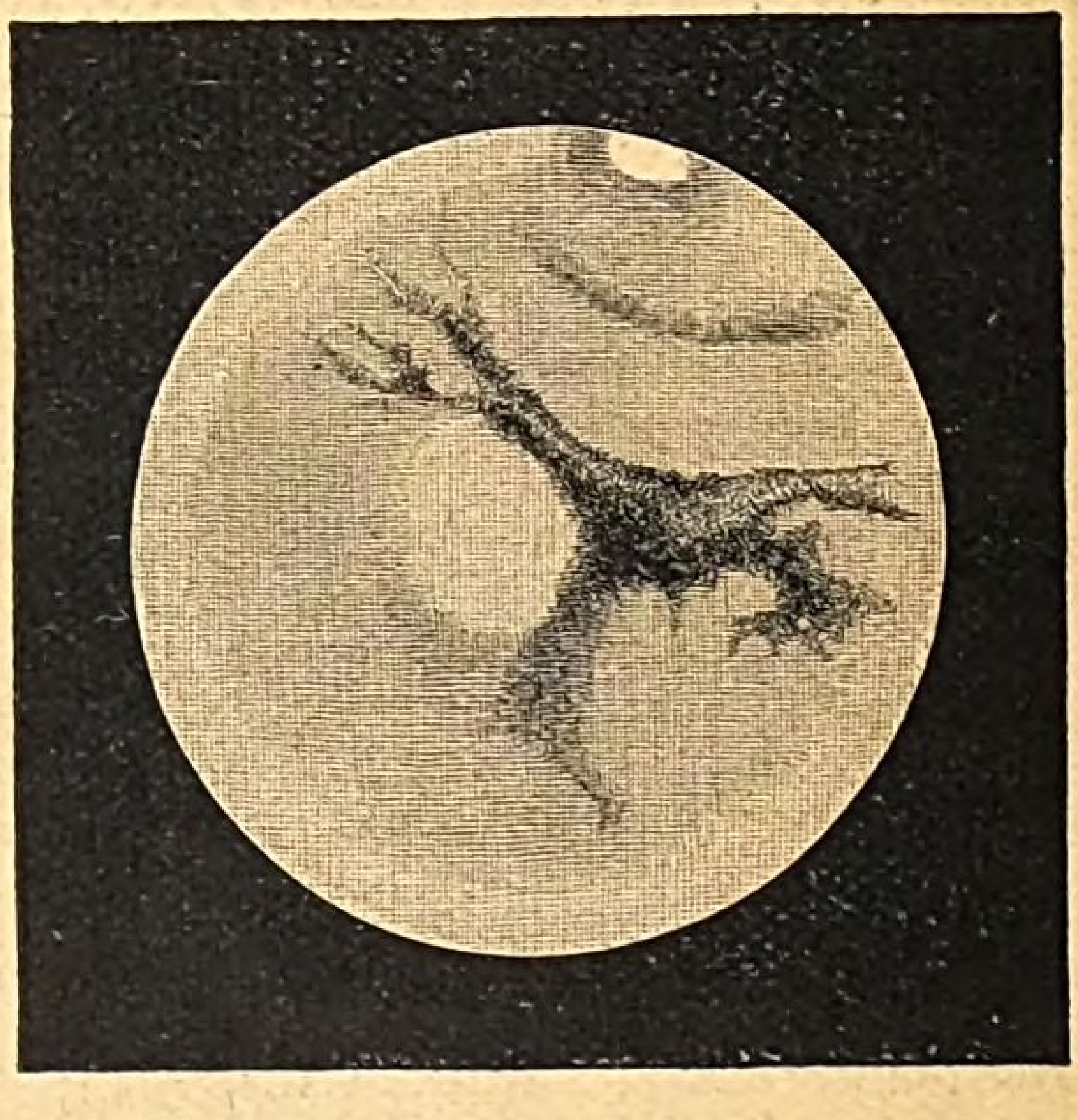
Was nun die Bedeutung der Kanäle, dieser zweifellos interessantesten Erscheinung des Mars, anbelangt, so ist dafür vermutungsweise die nachstehende Erklärung gegeben worden. Nach allen bisher angestellten Beobachtungen fehlt es dem Mars an eigentlichen Gebirgen. Wohl hat man heller leuchtende Punkte auf dessen Oberfläche als vereinzelt stehende Berggipfel angesehen, allein geschlossene Gebirgsketten können auf dem überall von Kanälen durchschnittenen Festlande, das aus lauter mäßig großen Inseln besteht, kaum vorhanden sein. Bedenken wir nun, daß die Gebirgsbildung auf unserer Erde, wie später noch ausführlicher besprochen werden soll, hauptsächlich durch Faltung des infolge der fortschreitenden Abkühlung zusammenschrumpfenden Erdkörpers verursacht wird, und daß das Wasser im Vereine mit der Luft fortwährend bestrebt ist, diese Erhebungen durch Verwitterung, Abschwemmung der zerbröckelten Teile, Unterspülung und Durchbrechung wieder abzutragen und mit ihren Ueberresten die Tiefen der Seen und Meere auszufüllen, so können wir uns leicht vorstellen, daß in einer fernen Zukunft die die Gebirgsbildung bewirkenden unterirdischen Kräfte erschöpft sein und die zerstörenden Kräfte des Wassers und der Luft keine weiteren Angriffspunkte für ihre Thätigkeit finden werden, mit andern Worten, daß keine neuen Gebirge mehr entstehen und die früher bestandenen vollständig abgetragen sein werden. Einen solchen Zustand, der auf der Erde möglicherweise erst in Jahrmillionen eintreten wird, zeigt uns der Mars vielleicht schon jetzt. Die Kanäle, die ihn gegenwärtig von Meer zu Meer durchschneiden, sind vielleicht einstmals Flußläufe gewesen, die sich von der Höhe der Gebirge nach den Küsten hin erstreckten. Die Gebirge sind nun verschwunden, die Flußbetten mehr und mehr auf das Niveau des Meeresspiegels herabgesunken, der Meeresgrund selbst hat sich infolge der Aufschwemmung der von den ehemaligen Gebirgen herstammenden Ablagerungen mehr und mehr gehoben, und das Meerwasser hat sich in den Flußbetten nach dem Inneren der Festländer hin ausgebreitet. So konnten sich schließlich diese neuen Meeresarme an jenen Stellen vereinigen, wo dereinst die Wasserscheide der früheren Flüsse sich erhoben hatte. Damit ist nun allerdings noch nicht der regelmäßige Verlauf der Kanäle in geraden Linien, und noch weniger derjenige der Doppelkanäle erklärt, und diejenigen, die an eine menschenähnliche Bevölkerung des Mars denken, haben hier einen Anhaltspunkt, um ihre Anschauungsweise zur Geltung zu bringen. Stellen wir uns die Martier als ein Volk von hoher Intelligenz und Thatkraft vor und bedenken wir, daß bei der geringeren Dichtigkeit der Marsmasse auch die Wirkung der Schwerkraft auf jenem Planeten eine geringere ist als auf unserer Erde, daß also auch bei gleicher Arbeitskraft verhältnismäßig höhere Kraftleistungen zu erzielen sind, so fällt uns die Annahme nicht

schwer, daß jedes Fleckchen festen Bodens auf der geebneten Oberfläche dieses Planeten von der Kultur in Anspruch genommen wird, und daß der Bodenwert auch schon deshalb ein höherer sein kann, weil auf diesem kleineren Himmelskörper eben weniger Bodenfläche vorhanden ist. Durch strenge Regelmäßigkeit der Bewässerungsanlagen wird nicht nur eine bessere Ausnützung dieser selbst, sondern auch diejenige des Bodens erzielt, und unter allen diesen Umständen hat der Gedanke durchaus nichts Unwahrscheinliches an sich, daß die Marsbewohner ihren ganzen Planeten in Kulturland verwandelt und mit künstlichen Bewässerungsanlagen in ähnlich umfassender Weise überspannt haben, wie wir unsere Erde mit Schienennetzen, Wasserstraßen und Telegraphendrähten. Will man diese Vorstellung auch auf die irdischen Verhältnisse, namentlich auf die Zukunft der Kulturwelt übertragen, so finden wir in unseren ganze Länder durchziehenden und Meere miteinander verbindenden Kanalanlagen und in den unwegsame Hochgebirge überschreitenden Eisenbahnen die ersten Anfänge einer solchen Kulturarbeit; die Natur hat eben bei uns jene ausgleichende Arbeit noch gar nicht begonnen, die auf dem Mars vielleicht schon vollendet ist, und die Riesenarbeiten unseres Zeitalters sind als Kampfmittel gegen diese noch in voller Schaffenskraft stehende Natur anzusehen, wogegen den Martiern nur noch die feinere Ausarbeitung des von der Natur ihres Planeten bereits geleisteten Ausgleichungswerkes erübrigt. Je mehr einerseits die Intelligenz und Schaffenskraft der Menschheit vorschreitet, andererseits das Walten der Naturkräfte mehr und mehr in ausgleichendem Sinne sich gestaltet und in Wirksamkeit tritt, desto weniger Hindernissen werden die Kulturarbeiten der Menschheit begegnen, desto großartiger werden sie sich gestalten können. Freilich wird aber auch die Entwickelung unseres Planeten immer mehr und mehr ihrer höchsten Stufe sich nähern und dann ihrem Niedergange entgegengehen. In dem gegenwärtigen Zustande des Mars müssen wir, wenn die hier in Kürze mitgeteilten, aus der Beobachtung und vergleichenden Beurteilung geschöpften Ansichten über die Natur dieses Planeten richtig sind, ein Entwickelungsstadium erblicken, das dem Beginne des Niederganges, des Greisenalters gleichzustellen ist. Schon sehen wir die Elemente des organischen Lebens, Wasser und Luft, in der Abnahme begriffen; das erstere reicht sowohl hinsichtlich des Reichtums als auch der Geschlossenheit seiner Masse nicht entfernt an die Verhältnisse heran, die in dieser Hinsicht auf der Erde bestehen, und die Durchsichtigkeit der letzteren berechtigt zu dem Schlusse, daß bereits eine beträchtliche Verminderung der atmosphärischen Hülle des Mars eingetreten ist. So stellt uns dieser Planet einen Zustand dar, der etwa die Mitte zwischen demjenigen der Erde und dem des Mondes hält, und wenn auch die Lebenskraft des Mars und seiner organischen Welt noch für ungezählte Jahrtausende vorhalten mag, so steht doch schon in der Perspektive der letzte Abschnitt seiner Entwickelungsgeschichte, den wir uns nicht anders vorstellen können, als den im vorhergegangenen Kapitel geschilderten des Mondes.

Wir haben im Vorstehenden den Mars durch das Fernglas wissenschaftlichen Scharfsinnes und erfinderischer Einbildungskraft betrachtet. Wir wollen nun mit dem mehr nüchternen Blicke der objektiven Beobachtung unsere Betrachtung fortsetzen. Dem unbewaffneten Auge zeigt sich dieser Planet, wenn er der Sonne nahezu gegenüber steht, als ein heller Stern erster Größe von ruhigem Licht und auffallend roter Färbung. Da sich seine Entfernung von der Sonne ebenso wie diejenige von der Erde in beträchtlichem Maße ändert, so ist auch der Helligkeitsgrad, den er dem Beobachter zeigt, großen Schwankungen unterworfen, übertrifft indes in der Regel denjenigen der Durchschnittshelligkeit von Sternen erster Größe und erreicht unter günstigen Umständen sogar ein Vielfaches derselben. Am 5. September 1877 stand Mars in Opposition (Gegenüberstellung) zur Sonne, kurz nachdem er durch sein Perihel gegangen war, und diese günstige Gelegenheit wurde von den Astronomen eifrigst zur Beobachtung dieses Planeten benutzt. Um diese Zeit gelang auch dem amerikanischen Astronomen A. Hall die Entdeckung der beiden Marsmonde auf der Marinesternwarte zu Washington. Diese Entdeckung ist um so höher anzuschlagen, als der innere von den beiden Monden, Phobos genannt, einer derjenigen Himmelskörper unseres Planetensystems ist, deren Beobachtung die größten Schwierigkeiten verursacht, während der

äußere Mond, Deimos, unter günstigen Umständen schon in Fernrohren mittlerer Stärke gesehen werden kann. Beide Monde sind von auffallender Kleinheit; Pickering in Cambridge hat sie auf ungefähr 10 km Durchmesser geschätzt. Der Phobos umkreist den Planeten in einer Entfernung von nur 5900 km von seiner Oberfläche, während die Entfernung von Mittelpunkt zu Mittelpunkt der beiden Körper 9300 km, also nicht ganz doppelt so viel beträgt. Der freie Raum zwischen dem Planeten und diesem Monde ist daher, in gerader Linie gemessen, noch nicht so groß, wie der Halbmesser des Mars selbst; der Vergleichung halber mag hier angeführt werden, daß die mittlere Entfernung zwischen Erde und Mond 60 Erdhalbmesser beträgt, wovon 59 auf den freien Raum zwischen der Erdoberfläche und dem Monde fallen. Die Umlaufszeit des Phobos um den Mars beträgt 7 Stunden 39 Minuten; der Deimos, der 23 000 km, also noch immer nicht halb so weit von seinem Planeten entfernt ist, wie der Mond von der Erde, vollzieht seinen Kreislauf in 30 Stunden und 18 Minuten, er braucht also fast genau viermal so viel Zeit dazu als der innere Mond. Da die Dauer der Rotation des Mars um seine Achse diejenige der Erdumdrehung nur wenig übersteigt, so ergeben sich für einen Beobachter auf dem Mars hinsichtlich der Stellung der beiden Monde desselben an seinem Himmel merkwürdige Ver-





Mars

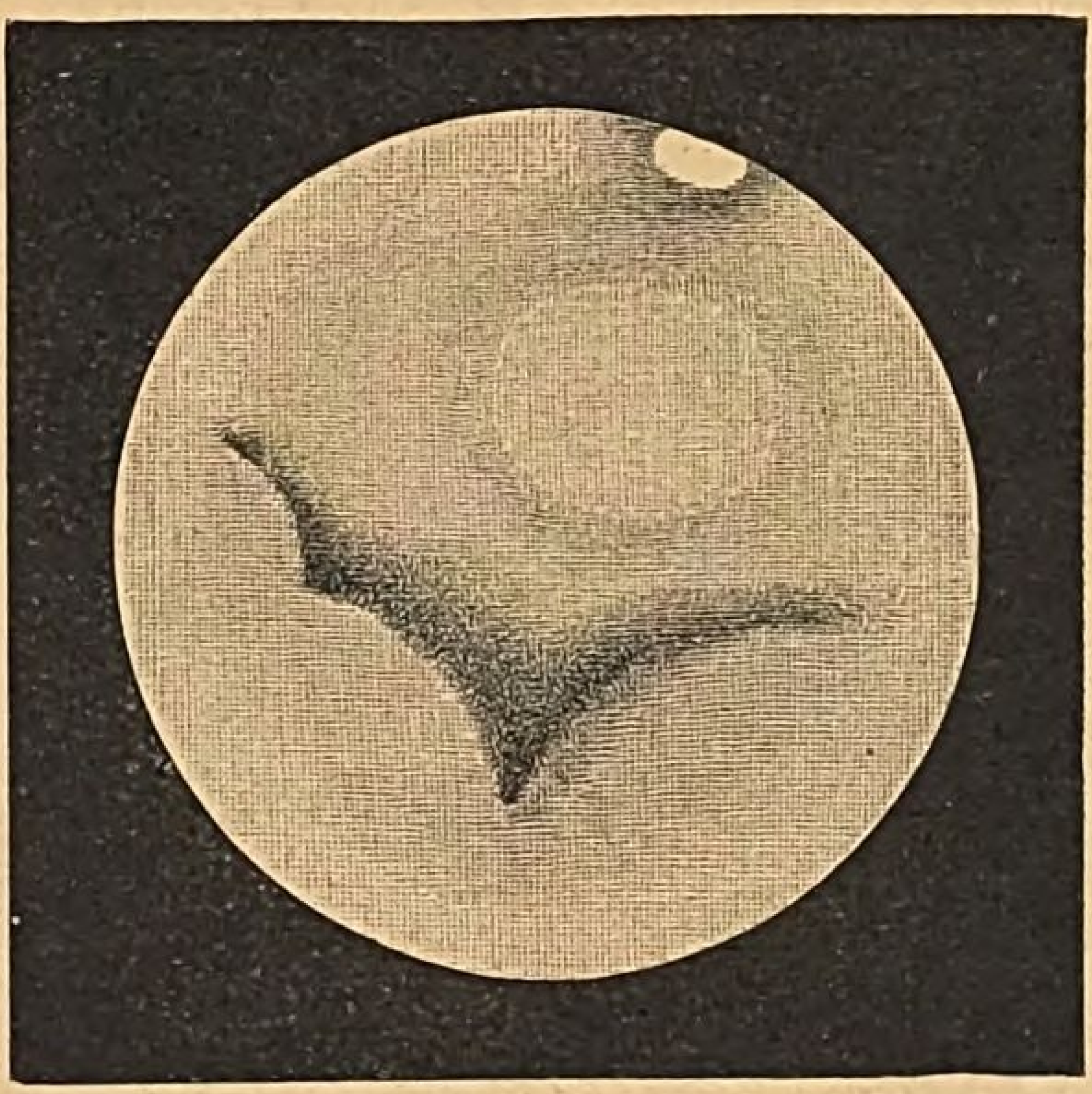
am 3. Oktober 1877 — am 21. September 1877

in Berlin beobachtet.

hältnisse. Der äußere Mond, der zur Umkreisung des Planeten nur etwa um ein Viertel der Rotationsdauer des letzteren mehr Zeit braucht, scheint am Himmel nur ganz wenig vorzurücken, verändert aber dabei fortwährend seine Lichtgestalt. Während die Sonne und die Sterne für den Marsbewohner ihre scheinbare tägliche Bahn von Osten nach Westen ziehen, scheint sich dieser Mond nur sehr wenig gegen Westen hin vom Platze zu bewegen; steht er mittags im Süden, so erscheint er als Neumond, am Abend zeigt er sich dann als erstes Viertel, um Mitternacht ist er noch immer im Süden als Vollmond zu sehen und am Morgen ist er in sein letztes Viertel getreten, um mittags wieder als Neumond zu erscheinen. Während also unser Mond nur als Zeitmesser von Woche zu Woche dienen kann, zeigt der Deimos den Marsbewohnern den Zeitwechsel von Stunde zu Stunde an, vorausgesetzt, daß seine Lichtphasen von dort aus deutlich genug beobachtet werden können, um auch noch in ihren Einzelheiten wahrnehmbar zu sein. Für das unbewaffnete Auge dürfte dies allerdings kaum der Fall sein, weil ein Beobachter auf dem Mars die beiden Monde dieses Planeten wegen ihrer Kleinheit nur als mäßig helle Fixsterne zu Gesichte bekommt; die von Laßwitz vorausgesetzte außerordentliche Accomodationsfähigkeit des Gesichtsorganes der Martier müßte also mit einer außerordentlichen Schärfe des Auges verbunden sein, um einer solchen Leistung fähig zu sein. Allein die glücklichen Martier sind behufs

genauerer Zeitbestimmung nicht auf diesen einen Mond beschränkt; sie haben ja noch einen zweiten, der ihnen auch dann noch leuchtet, wenn der Deimos, nachdem er sich allmählich immer mehr und mehr dem westlichen Himmelsrande genähert hat, endlich unter dem Horizont verschwunden ist, um eben so viele Tage am Himmel zu fehlen, als er vorher an demselben gestanden hat. Der Phobos mit seiner quecksilbernen Beweglichkeit umkreist, wie wir bereits gehört haben, seinen Planeten in derselben Zeit, in der dieser seine einmalige Achsenumdrehung vollendet hat, nahezu viermal. Er überflügelt daher die Bewegung jedes beliebigen Punktes der Marsoberfläche, und obgleich er seinen Kreislauf in derselben Richtung — nämlich von Westen nach Osten — vollzieht, in der der Mars selbst sich um seine Achse dreht, so sind doch die Erscheinungen seines Auf- und Niederganges denjenigen entgegengesetzt, die wir an unserem Monde wahrnehmen. Während nämlich die Erscheinung des Auf- und Niederganges dieses letzteren nicht auf seiner Eigenbewegung, sondern auf der Umdrehung der Erde um ihre Achse beruht, eilt der Phobos der Rotation seines Planeten weit voraus; sein Aufgang erfolgt deshalb im Westen, von woher er kommt, und wiederholt sich an jedem Marstage zweimal. Geht er z. B. des Morgens als Vollmond im Westen auf, so ist er schon vormittags Neumond geworden und verschwindet um die Mittagszeit als erstes Viertel unter dem östlichen Horizont. Am Abend stellt er sich aber bereits wieder im Westen ein, wo seine von der untergehenden Sonne beleuchtete Seite vom Mars abgekehrt ist, so daß jetzt der Phobos für diesen Neumond hat. In der halben Zeit von Tag bis Mitternacht strahlt er schon wieder als Vollmond am südlichen Himmel, und gegen Mitternacht geht er im Osten als letztes Viertel unter, um am nächsten Morgen wieder im Westen zu erscheinen.





Mars

am 23. Juni 1875 in Washington — am 8. September 1877 in Berlin

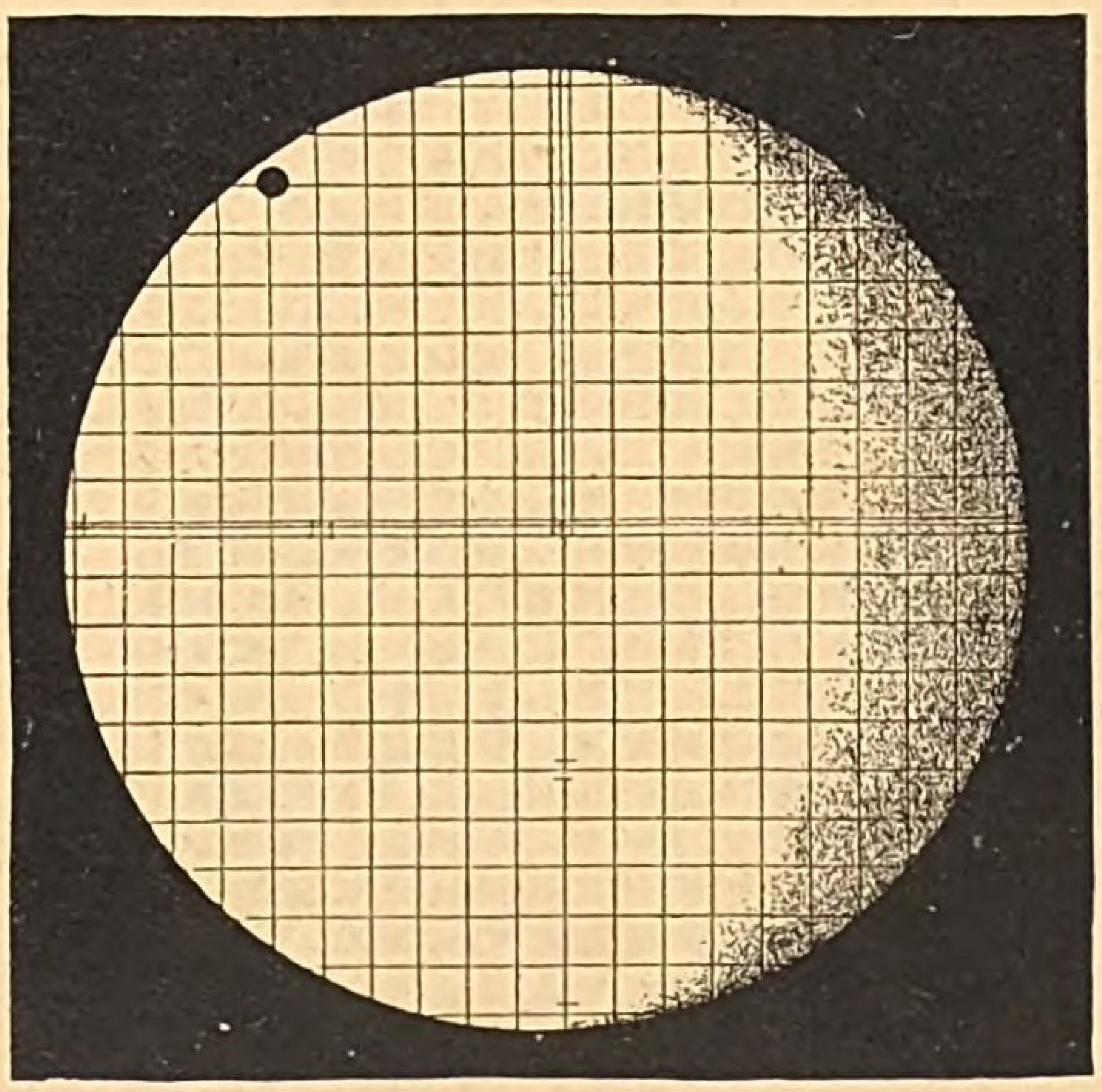
beobachtet.

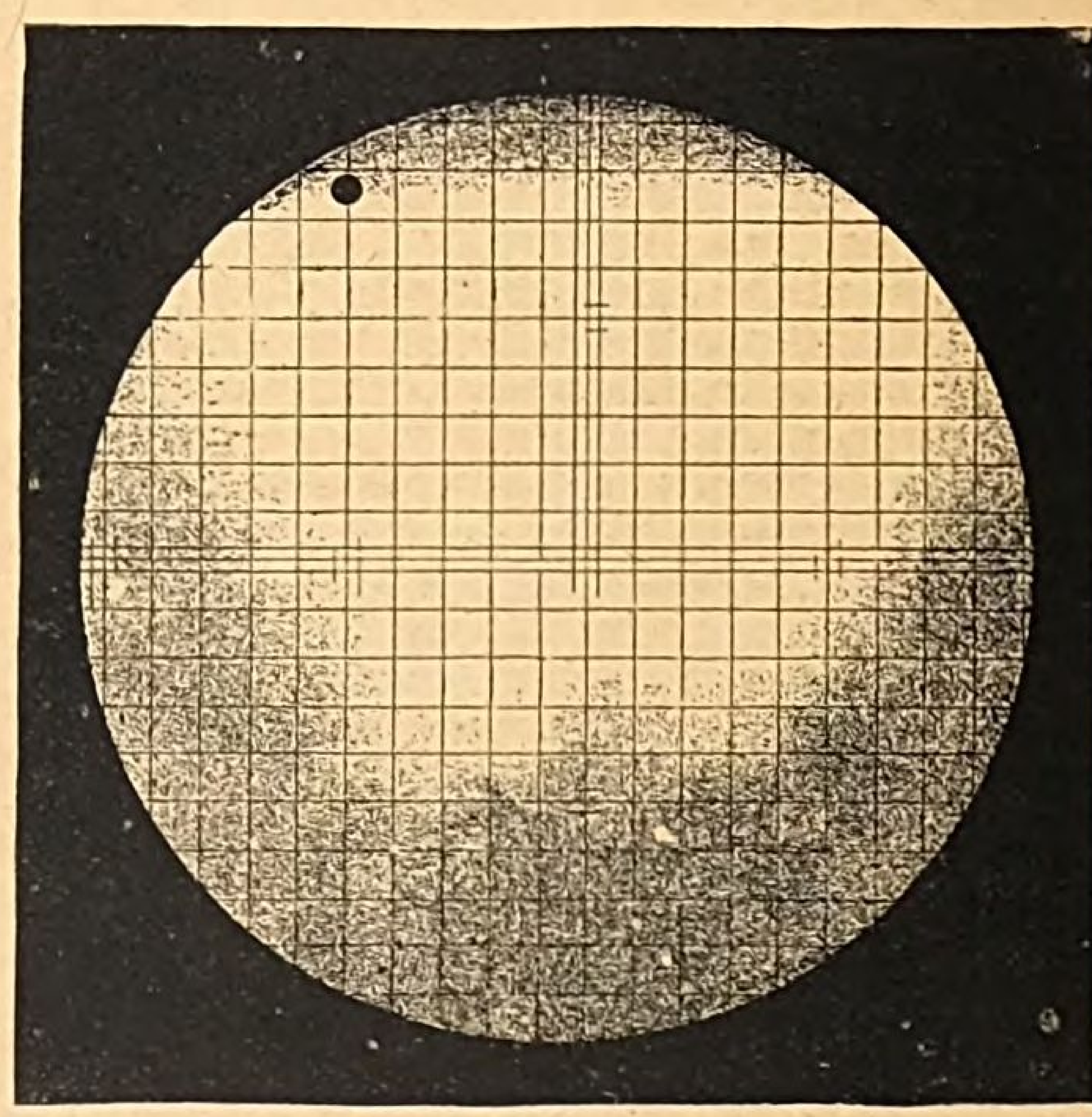
Mit kleineren Fernrohren betrachtet, läßt die Oberfläche des Mars helle und dunkle Flecken erkennen, deren Veränderlichkeit aus den obenstehenden Abbildungen ersichtlich ist. In der Hauptsache sind aber bestimmte Formen als dauernd erkannt worden, und diese gehören eben dem Planeten selbst bezw. seiner Oberfläche an, wogegen die Veränderlichkeit mancher Flecken und das Ineinanderschwimmen aller Einzelformen gegen die Ränder der sichtbaren Scheibe hin den Bewegungen in der Atmosphäre des Mars zuzuschreiben ist.

Drittes Kapitel.

Die Venus.

Die Venus, die wir wegen ihres nahen Standes bei der Sonne in tiefer Nacht nicht sehen können, weil sie dann ebenso wie der Centralkörper selbst unter dem Horizonte verschwindet, hat nach den Tageszeiten, zu denen sie sichtbar wird, die Namen Morgen- und Abendstern erhalten. Sie ist der größte und hellste Stern unseres Himmels. In einer mittleren Entfernung von $14\frac{1}{2}$ Millionen Meilen vollzieht sie ihren Umlauf in nahezu kreisrunder Bahn binnen 224 Tagen 16 Stunden um jene. Der Erde kommt sie bis auf 5 Millionen Meilen nahe, entfernt sich aber in der jenseitigen Konjunktion bis zu 35 Millionen Meilen von derselben, so daß ihre größte Entfernung von unserem Planeten das siebenfache derjenigen ihrer kleinsten Entfernung von demselben beträgt. Demgemäß muß auch ihre scheinbare Größe in der Erdnähe das siebenfache derjenigen betragen, in der sie dem irdischen Beobachter in ihrer Erdferne erscheint, und ihr Glanz müßte in der Erd-





Venusdurchgang im Dezember 1874
in Auckland — in Ispahan
beobachtet.

nähe das neunundvierzigfache desjenigen betragen, den sie in ihrer Erdferne zeigt, wenn immer die volle beleuchtete Scheibe dieses Himmelskörpers uns sichtbar wäre. Dies ist aber nicht der Fall, denn in gleicher Weise wie unser Mond wendet uns auch die Venus nur zu Zeiten ihre volle Lichtscheibe zu, und wie dieser erscheint sie in verschiedenen Lichtphasen, die zwischen dem vollen Scheibenbilde und der schmalen Sichelgestalt, bezw. der vollständigen Verdunkelung — unserem Neumond entsprechend — regelmäßig abwechseln. Für das unbewaffnete Auge sind diese Phasen nicht erkennbar, weil das hellstrahlende Licht die Formen verrückt; im Fernrohr dagegen sind sie häufig erkennbar, und auch die wachsende und wieder abnehmende scheinbare Größe des Planeten kann hier beobachtet werden. Da wir die Venus zu der Zeit, in der sie uns ihre vollerleuchtete Scheibe zuwendet, wegen der Nähe der Sonne nicht sehen können, so tritt ihre Erscheinung erst dann ein, wenn bereits ein Teil der uns zugewandten Halbkugel unbeleuchtet bleibt. Sie nähert sich nun der Erde, und der beleuchtete Teil, der aber gleichzeitig immer mehr zusammenschrumpft, während die scheinbare Größe der ganzen Halbkugel (also mit Inbegriff des unbeleuchteten Teiles derselben) immer mehr zunimmt, wird uns in größter Helligkeit sichtbar, wenn 35—38 Tage bis zum Eintreten der unteren Konjunktion (Erdnähe) noch zurück zu legen sind, sowie während des gleichen Zeitraumes nach dem Eintreten der

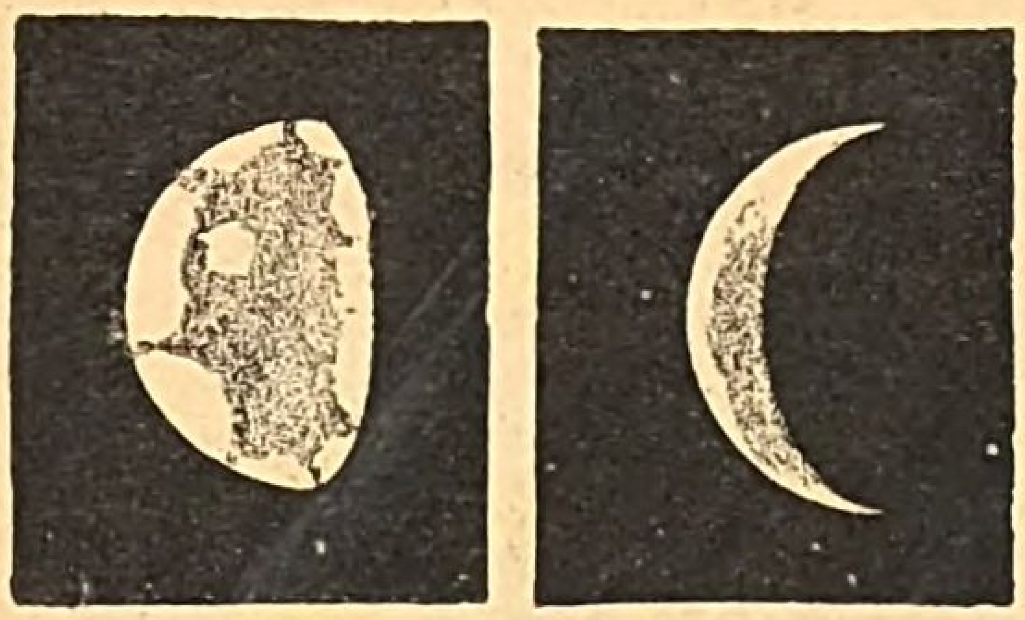
Konjunktion. Die Venus steht während dieses Zeitraumes zuerst im letzten und am Schlusse desselben im ersten Viertel, und in beiden Fällen ist noch nicht der vierte Teil der Scheibe erleuchtet. Nichtsdestoweniger kann aber, wenn sich zu dieser Zeit die Venus gerade in ihrer Sonnenferne und die Erde in ihrer Sonnennähe befindet (was ungefähr alle acht Jahre vorkommt), der Glanz des Planeten sich dermaßen steigern, daß man ihn selbst am Tage mit unbewaffnetem Auge am Himmel sieht. Ist die Venus endlich in ihre Erdnähe gelangt, so zeigt sie uns die ganze von der Sonne nicht beleuchtete Halbkugel, und infolgedessen wird sie für uns gerade dann unsichtbar, wenn sie infolge ihrer Annäherung an unseren Planeten am größten und hellsten sein könnte. In diesem Stadium wird uns die Venus nur dann sichtbar, wenn sie genau zwischen Sonne und Erde tritt, dann aber natürlich nicht als glänzender Körper, sondern als kreisrunder schwarzer Fleck vor der Sonnenscheibe. Man nennt diese Erscheinung einen Venusdurchgang und hat sie benutzt, um die Größe der Sonne und die Entfernung derselben wie auch diejenige der Venus von der Erde zu berechnen. Unsere Abbildungen auf S. 226 zeigen die verkleinerte Darstellung von Photographien der Sonne nach Wilhelm Meyers „Lebensgeschichte der Gestirne", die während des vorletzten Venusdurchganges im Dezember 1874 von zwei deutschen Expeditionen*) in Ispahan in Persien und auf den Aucklandinseln in der Südsee aufgenommen wurden. Die beiderseitigen Beobachtungen variierten hinsichtlich der Beobachtungszeit nur um annähernd zwei Minuten nach Berliner Zeit; die Entfernung zwischen den beiden Beobachtungsstationen betrug in gerader Linie (die man sich natürlich nicht über die kugelförmige Erdoberfläche, sondern unter derselben durch den Erdkörper selbst hindurch gezogen denken muß) nahezu 1700 Meilen. Ueber die photographischen Aufnahmen an beiden Orten ist ein Liniennetz gezogen, das zur genauen Abmessung des Standortes der dunklen Venusscheibe über dem leuchtenden Hintergrunde der Sonnenscheibe dienen soll. Man sieht bei Vergleichung der beiden Abbildungen, daß die Venus für den Beobachter in Ispahan um ungefähr die halbe Breite eines solchen horizontalen Netzstreifens höher stand als für denjenigen auf den Aucklandinseln. Die genaue Messung dieses Unterschiedes in der Stellung der Venus für die beiderseitig zu fast genau gleicher Zeit vorgenommenen Beobachtungen ergab, daß derselbe etwa $36\frac{1}{4}$ mal kleiner war als der Sonnendurchmesser, wie wir diesen sehen, und daß er das dreifache der Entfernung zwischen den beiden Beobachtungsorten betrug. Der Sonnendurchmesser ist demnach $3 \times 36\frac{1}{4} = 108\frac{3}{4}$ mal größer als diese Entfernung der beiden Beobachtungsstationen, mithin $108\frac{3}{4} \times 1700 = 186\,000$ Meilen in runder Zahl. Will man nun aus der auf diese Weise gefundenen Größe der Sonne deren Entfernung von der Erde berechnen, so genügt es, in einer genauer Messung zugänglichen Entfernung eine Scheibe so aufzustellen, daß sie, von einem bestimmten Punkte aus betrachtet, die Sonnenscheibe genau deckt. Der Scheibendurchmesser wird dann zum Sonnendurchmesser im geraden Verhältnisse zu den beiderseitigen Entfernungen vom Beobachtungspunkte stehen, und da von diesen vier Größen drei bekannt sind, so ist die vierte — die Entfernung der Sonne von der Erde — leicht durch Rechnung zu finden.

Es ist früher bemerkt worden, daß uns die Venus in ihrer Erdnähe siebenmal größer erscheint als in ihrer Erdferne; sie muß daher auch im letzteren Falle siebenmal weiter entfernt von uns sein als im ersteren. Ziehen wir zur Veranschaulichung dieses Verhältnisses eine gerade Linie auf ein Blatt Papier, und setzen wir an das eine Ende desselben einen Punkt oder Ring, den wir als Erde bezeichnen. Von diesem Punkt aus tragen wir auf der Linie sieben gleiche Teile ab und setzen an den Endpunkt des siebenten Teiles einen zweiten Punkt oder Ring, den wir als Venus bezeichnen; dieser Punkt bedeutet

*) Sowohl im Jahre 1874 als auch 1882 sind umfangreiche Expeditionen von den verschiedenen Kulturstaaten veranstaltet worden, um den Venusdurchgang zu beobachten. Dieses Ereignis ist seit dem 16. Jahrhundert achtmal, und zwar im Juni 1518 und 1526, im Dezember 1631 und 1639, im Juni 1761 und 1769, endlich im Dezember 1874 und 1882 eingetreten; im 20. Jahrhundert findet überhaupt kein Venusdurchgang statt und die beiden nächsten fallen — wieder mit achtjährigem Zwischenraume wie in den vorhergegangenen Jahrhunderten — in den Juni 2004 und 2012.

für uns den Standpunkt des genannten Planeten zur Zeit seiner Erdferne. In der Erdnähe wird er an dem Punkte stehen, den der der Erde nächstliegende Teilstrich unserer Linie bezeichnet, und wir wollen auch an diesem Punkt ein Zeichen hinstellen, das den Standpunkt der Venus in ihrer Erdnähe angiebt. Da die Bahn der Venus beinahe kreisrund ist, so werden wir den Standpunkt der Sonne in der Mitte zwischen den beiden der Venus zugewiesenen Punkten zu suchen haben. Stellen wir nun auch noch für die Sonne ein Zeichen auf unserer Linie ein, so können wir an derselben bezw. an ihren Teilstrichen die Entfernung der Venus von der Sonne ohne weiteres ablesen; sie beträgt nämlich drei Teile der ganzen Linie und die Entfernung der Erde von der Sonne vier Teile derselben. Da wir auf dem früher angegebenen Wege diese letztere durch Rechnung finden können, so bedarf es nur der Zerlegung der gefundenen Zahl in Viertel; drei dieser Viertel geben dann den Halbmesser der Venusbahn (rund 15, im Mittel, wie bereits angegeben, annähernd 14 ½ Millionen Meilen).

Aus Lichterscheinungen, die man zur Zeit der sichelförmigen Venusphasen beobachtet hat, wird der Schluß gezogen, daß dieser Planet eine Atmosphäre besitzen muß; es zeigt sich nämlich, daß Licht und Schatten an der inneren (dem Planetenkörper zugewandten) Krümmung der Sichel nicht scharf von einander abgegrenzt sind, sondern in einander verschwimmen, und daß, wenn die Sichel bis auf einen schmalen Lichtfaden zusammengeschrumpft ist, deren Enden weit über die Bogenlänge des Halbkreises hinausgreifen, Erscheinungen, die man nur auf die lichtzerstreuende Wirkung einer Atmosphäre zurückführen zu können glaubt. Auch die Spektralanalyse bestätigt das Vorhandensein einer Atmosphäre, und zwar scheint dieselbe derjenigen der Erde im allgemeinen ähnlich, aber eher dichter als diese zu sein. Während der beiden letzten Venusdurchgänge hat man einen hellen Lichtkranz beobachtet, der die ganze Scheibe des Planeten vor dessen Eintritt in die Sonnenscheibe deutlich sichtbar umspannte; auch diese Erscheinung weist auf das Vorhandensein einer Atmosphäre hin, durch die die Sonnenstrahlen während ihres Durchganges durch dieselbe gebrochen und dermaßen abgelenkt wurden, daß sie auch noch über den Rand der unbeleuchteten Scheibe hinaus ihre Lichtwirkung geltend machen konnten. Man hat die günstige Gelegenheit der Venusdurchgänge benutzt, um auch die Höhe (oder Mächtigkeit) der Venusatmosphäre zu berechnen. Watson, der diesen Versuch unternahm, fand die Ziffer von 88 km oder 12 Meilen, die nahezu derjenigen gleichkommt, die für die Mächtigkeit der Lufthülle unseres Planeten berechnet worden ist. Unsere nebenstehenden Abbildungen stellen zwei Ansichten der Venus in verschiedenen Lichtphasen dar. Aeltere Forscher glaubten in den dunklen Flecken, die im Innern des beleuchteten Scheibenteils wahrzunehmen sind, Gebilde erkennen zu sollen, die der Oberfläche des Planeten selbst angehören, und zwar beruhte diese Annahme hauptsächlich auf dem Umstande, daß ein gewisser Fleck bei wiederholten Beobachtungen seine Stelle annähernd beibehielt. Doch weichen die bezüglichen Ergebnisse der Beobachtungen so sehr von einander ab, daß sie sichere Anhaltspunkte für die Annahme, es könnte sich hier um Festlands- oder Meeresformen handeln, wenig Rückhalt hat, und selbst eine von Niessen und Steyvaert in Brüssel auf Grund zehnjähriger Beobachtungen entworfene Venuskarte, die zahlreiche rundliche, von verhältnismäßig schmalen Meeresarmen getrennte Kontinente zeigt, muß mit großer Vorsicht aufgenommen werden. Von der Annahme ausgehend, daß diese Gebilde feste Formen der Venusoberfläche darstellen, hat man aus der Bewegung derselben die Zeit der Umdrehung dieses Planeten um seine Achse auf annähernd 23 ½ Stunden feststellen zu können geglaubt.



Die Venus mit ihren Flecken
in zwei verschiedenen Phasen.

Der berühmte Beobachter der Planeten, Schiaparelli, meint aber, daß es sich dabei um eine Sinnestäuschung handle, die als eine Folge der Stellung der Venus zur Sonne anzusehen ist. Da man nämlich, wie schon erwähnt, wegen der Sonnennähe der

Venus immer nur zur Zeit der Dämmerung Beobachtungen dieses Planeten vornehmen kann, wobei derselbe stets in den tieferen Regionen unseres Himmels steht, so werden die Beobachtungen schon dadurch wesentlich erschwert; denn es ist klar, daß die Luftmasse in der Nähe der Oberfläche am dichtesten ist und dem Durchdringen außerirdischen Lichtes die größten Hindernisse in den Weg legt. Wir sehen dies schon an unserer Sonne und am Monde; beide erscheinen, wenn sie am Rande des Horizontes stehen, bedeutend vergrößert und in verschiedenen Abstufungen vom satten Gelb bis zum tiefen Rot gefärbt. Richtet der Beobachter nun seinen Blick nach einem Himmelskörper, der in seinem Zenith (über seinem Scheitel) oder wenigstens in einer höheren Region des Himmels steht, so durchdringt das Licht dieses Himmelskörpers auf dem Wege zu seinem Auge die unterste Luftschicht in kürzester oder wenigstens verhältnismäßig kurzer Richtung; steht aber der betreffende Himmelskörper nahe am Horizont, so bildet die Sehlinie, in der er wahrgenommen wird, einen sehr spitzen Winkel und fällt daher in einer sehr langen Strecke in den Bereich der dichten, mit Staub und Dünsten erfüllten untersten Luftschicht, und es ist selbstverständlich, daß dadurch die Beobachtung in hohem Grade erschwert und beeinträchtigt wird. Auch fällt ins Gewicht, daß die Beobachtungen immer nur unter diesen ungünstigen Verhältnissen und während der kurzen Dämmerungszeit, also in Zwischenräumen von ganzen Tagen, vorgenommen werden können. War nun das, was die älteren Beobachter überhaupt wahrnahmen, infolge dieser Umstände an sich schon wenig genau und zuverlässig, so gilt dasselbe auch von den Schlußfolgerungen, die sie daran mit Bezug auf die Rotation der Venus knüpften. Diesen Schlußfolgerungen lag die Voraussetzung zu Grunde, daß die mehr oder weniger dauerhaften Gebilde, die sie wahrzunehmen glaubten, einem Teile der Venusoberfläche angehörten, der zu derselben Zeit infolge der Rotation des Planeten wieder in das Gesichtsfeld des irdischen Beobachters eintrat, in der auch sein eigener Standort die gleiche Stelle einnahm wie am vorhergegangenen Tage zu derselben Zeit. Daraus zogen sie den Schluß, daß die Rotationsgeschwindigkeit der Venus derjenigen der Erde so ziemlich gleichkomme. Aus Beobachtungen, die Schiaparelli im Verein mit dem amerikanischen Astronomen Holden auf der Lick-Sternwarte vorgenommen hat, geht jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit hervor, daß sich die Venus innerhalb einer Zeit von sechs Stunden überhaupt garnicht oder wenigstens völlig unbemerkbar um ihre Achse gedreht habe, und daß ihre Rotation, ähnlich derjenigen unseres Mondes, die gleiche Zeitdauer beanspruche, die der Planet zu seinem Umlauf um den Centralkörper gebraucht, wobei seine Umdrehungsachse nahezu senkrecht auf der Ebene seiner Bahn steht. Hiernach würde also für die Venus das Gleiche gelten, was bereits mit Bezug auf den Merkur gesagt worden ist: sie wäre als ein Mond der Sonne zu betrachten.

Es ist bei der Besprechung des Mondes erwähnt worden, daß derselbe manchmal, wenn wir von seiner beleuchteten Seite nur das sichelförmige Ende zu sehen bekommen, trotzdem in voller Scheibengestalt, aber nur in aschgrau oder rötlich schimmernder Färbung, wahrgenommen wird. Diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß die Erde um diese Zeit dem Monde einen Teil ihrer von der Sonne beschienenen Seite zuwendet. Auch an der Venus wird eine ähnliche Erscheinung beobachtet. In Zeiten, in denen sie uns als sehr schmale Sichel erscheint, folglich den größten Teil ihrer von der Sonne abgewendeten Seite uns zukehrt, wird diese ihre Nachtseite zuweilen in mattem, dem Leuchten des Phosphors vergleichbaren Schimmer sichtbar; man will diese Erscheinung hauptsächlich zu solchen Zeiten wahrgenommen haben, in denen die Sonne besonders fleckenreich ist.

Im großen Ganzen besteht viel Aehnlichkeit zwischen den beiden Nachbarplaneten Venus und Erde. Sie stehen sich, wie schon im ersten Kapitel dieses Abschnittes (in den Uebersichten auf S. 146) mitgeteilt, in jeder Beziehung am nächsten, und vielleicht nähern sich auch ihre Temperaturverhältnisse trotz der größeren Sonnennähe den unserigen, da die mutmaßlich weit dichtere Atmosphäre der Venus die Einwirkung der Sonnenglut auf ihre Oberfläche möglicherweise bis zu einem Klima herabmildert, das demjenigen unserer feuchten Tropenländer (am unteren Ganges, in Hinterindien und im indo-chinesischen Archipel)

verwandt ist. Doch gilt dies letztere natürlich nur in dem Falle, daß Schiaparellis Mutmaßung bezüglich der Mondnatur der Venus nicht zutrifft, für den ganzen Planeten; kehrt diese dagegen der Sonne stets dieselbe Seite zu und steht ihre Achse ganz oder annähernd senkrecht auf der Ebene ihrer Bahn, so verändern sich die Verhältnisse in ganz beträchtlicher Weise. In diesem Falle würde zunächst auf der einen Venushälfte ewiger Tag, auf der anderen ewige Nacht herrschen. Von einem Unterschied der Jahreszeiten könnte bei einer senkrechten Achsenstellung nicht die Rede sein, sondern höchstens von klimatischen Zonen, die um die Pole nach unseren Begriffen erträgliche Temperaturverhältnisse bieten könnten, in der Aequatorialzone aber diejenigen der Sahara oder der arabischen Wüste wohl noch weit an Ungemütlichkeit übertreffen dürften. Auf der von der Sonne abgekehrten Seite würde aber beständige Nacht herrschen, die, falls die atmosphärischen Verhältnisse ähnlich wie diejenigen unseres Mondes*) sein sollten, ebenso unerfreulich wie auf diesem sich gestalten müßte. Umhüllt aber eine völlig oder annähernd gleichmäßige Atmosphäre den ganzen Planeten, dann müßte auch auf seiner Nachtseite eine äußerst wohlige Temperatur herrschen, die beständig durchweht sein müßte von den warmen, allmählich sich abkühlenden Luftströmungen, die von der beleuchteten Seite hierher abfließen. Auch würde rings um den Rand der Nachtseite gebrochenes Sonnenlicht auf diese herüberstrahlen und ausgedehnten Grenzgebieten ein sanftes Licht gewähren. In der in der Mitte dieser Halbkugel gelegenen Gegend würde freilich ewige Nacht herrschen, und ein organisches Leben von der Art desjenigen unserer Erde kann dort kaum vorausgesetzt werden. Man glaubt auf der Venus — namentlich in den Polargebieten derselben — gewaltige Gebirgserhebungen beobachtet zu haben. Schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts will Schröter einen Gipfel in der Nähe des südlichen Hornes der Venussichel gesehen haben, dem er eine Höhe von 114 000 Fuß zuschrieb. Derselbe Beobachter will die Lichtgrenze dieses Planeten als leicht gezahnt erkannt haben, und andere Beobachter empfingen den noch gesteigerten Eindruck einer Auskerbung derselben. Im Jahr 1841 glaubte De Vico in Rom ein ungeheures, von Bergen umgebenes Thal vom Aussehen eines außerordentlich vergrößerten Mondkraters bemerkt zu haben, das in der Nähe des Nordhornes gelegen war und zuerst als ein schwarzer Fleck erschien, der nach und nach von hellem Lichte umrandet wurde, dann als Halbring in die dunkle Seite einbrach und zuletzt als schwarzer Einschnitt zwischen zwei hellen Vorsprüngen erschien. Denkt man daran, daß auch unser Mond an seinen beiden Polen von gewaltigen Gebirgsgraten umsäumt ist, deren steilste Hörner in der Umgebung des Südpoles zum Himmel aufragen, wo auch das kolossale Leibnizgebirge zu Höhen aufsteigt, die Mädler auf mehr als 6497 m geschätzt hat, so kann man wohl auf die Vermutung kommen, daß die Venus auch einiges von der Mondnatur unseres Trabanten aufzuweisen hat. Auf unserer Erde finden sich im nördlichen Polarlande keine oder doch nur verhältnismäßig unbedeutende Gebirgserhebungen; doch ist die Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen, daß in früheren Entwickelungsabschnitten der Erde auch hier ähnliche Verhältnisse geherrscht haben, die aber durch die ausgleichende Gewalt des Wassers und der Luft längst wieder beseitigt sind, während im Südpolarlande Erebus und Terror noch als Reste solcher Verhältnisse angesehen werden können.

Wir sind nun am Ende unserer Rundschau des Sonnensystems angelangt und verlassen den kosmischen Schauplatz, dessen Entwickelungsgeschichte in den einzelnen Kapiteln der vorhergegangenen Abschnitte sowohl in ihren Einzelheiten als auch in ihrer Zusammenfassung, wie sie der Kant-Laplaceschen Hypothese entspricht, vorgeführt worden ist, um uns unserem eigenen Planeten zuzuwenden.

---

*) Während es als sicher gilt, daß die von der Sonne beständig abgekehrte Seite des Mondes keine oder doch nur eine außerordentlich verdünnte Atmosphäre hat, wird von einigen Astronomen angenommen, daß die andere Seite unseres Trabanten eine solche besitze, in welchem Falle das Vorhandensein organischen Lebens auf dieser Seite des Mondes nicht ausgeschlossen wäre.



Erstes Kapitel.

Entstehung und Urzustand unseres Planeten.

Wenn wir unserem kleinen Planeten in der Entwickelungsgeschichte der Natur statt eines einzelnen Kapitels einen ganzen Abschnitt und dem organischen Leben auf demselben den Rest dieses Werkes widmen, so könnte es fast den Anschein gewinnen, als verfielen wir selbst jenem Irrtum, den wir am Beginn unserer Darstellung als solchen gekennzeichnet haben, und der die gelehrte wie die ungelehrte Menschheit bis in unsere Tage herein beherrscht hat und teilweise noch beherrscht. Wir meinen damit die geocentrische Weltanschauung, die Vorstellung, daß die Erde mit allem, was darauf lebt und webt, den Mittelpunkt und den wichtigsten Bestandteil des Weltalls bildet. Unser Verfahren hat indes mit dieser Anschauungsweise nicht das Geringste gemein; es beruht vielmehr auf dem ganz modern-wissenschaftlichen Standpunkte, nach welchem unsere Beurteilung der Naturvorgänge immer nur auf solchen Anschauungen beruhen darf und kann, die wir aus der Erfahrung gewonnen haben und die in Uebereinstimmung sind mit denjenigen Naturgesetzen, die unser unmittelbares Erfahrungsgebiet, die Erde, uns kennen gelehrt hat. Für die wissenschaftliche Betrachtung der Natur wird in der That die Erde stets der Mittelpunkt, oder wenn man lieber will, der Ausgangspunkt sein und bleiben müssen; was der Kosmos an Wahrnehmungen und Erfahrungen uns darbietet, wird wissenschaftlichen Wert für uns immer nur insoweit haben, als es sich aus irdischen Verhältnissen erklären läßt oder diese uns erklärt. Betrachten wir die Erde aus dem Gesichtspunkte ihres Zusammenhanges mit dem Kosmos, dann hat sie allerdings keinen höheren Anspruch auf eingehende Betrachtung als irgend ein anderer Himmelskörper unseres Sonnensystems oder des Kosmos im Ganzen, und sie bietet uns auch thatsächlich, aus diesem Gesichtspunkte angesehen, nicht viel mehr Stoff für die Erkenntnis und Erfahrung — in mancher Beziehung sogar beträchtlich weniger — als unsere Nachbarn im Himmelsraume. Das Verhältnis

ändert sich aber gewaltig, wenn wir von der kosmischen Bedeutung der Erde absehen und zur Betrachtung des Einzelnen übergehen. Da eröffnet sich uns mit einem Male ein unerschöpflich reicher Schatz von Naturerkenntnis, und die bedeutungsvollste und reichhaltigste Seite der Natur, das Leben, wird uns nur hier allein offenbar. Wenn es uns einerseits einzig und allein durch die Fortschritte der Wissenschaft auf kosmischem Gebiete möglich geworden ist, die wahre Natur unseres Planeten in seiner Eigenschaft als Himmelskörper zu erkennen, so würden uns andererseits die kosmischen Vorgänge für immer unerklärlich geblieben sein, wenn wir nicht die physikalischen und chemischen Gesetze an unserer Erde erkennen und studieren gelernt hätten, die die Materie des Weltalls beherrschen.

Wir haben in den vorhergegangenen Abschnitten die kosmische Materie in ihren verschiedenen Formen kennen gelernt. In den Nebelflecken zeigte sie sich uns in einem Zustande, den wir nach dem Maße unserer gegenwärtigen Erkenntnis nur als einen Urzustand auffassen können, ein scheinbar regelloses Chaos, auf das die ordnende Kraft — wenn wir das Zusammenwirken von Naturkräften in einer bestimmt erkennbaren Richtung als solche bezeichnen dürfen — noch keine oder doch nur eine ganz primitive Wirkung ausübt. Im Wirbeltanze der Spiralnebel tritt die Annäherung an eine gesetzmäßige Bewegung und in den sich mehr und mehr verdichtenden Formen dieser Nebelmassen das formbildende Element, die plastische Gestaltungskraft der Natur schon deutlicher in die Erscheinung. Die Sternhaufen zeigen uns ein Anfangsstadium der Entwickelung kosmischer Systeme, die Doppelsterne die einfachste Form der Individualisierung, und in unserem Planetensystem mit Inbegriff seines Centralkörpers sehen wir die einzelnen Himmelskörper in den verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung. Dazwischen treten aber wieder Entwickelungsformen auf, die wir ebensogut als die Anfangs- wie als die Endstadien kosmischer Entwickelungsgeschichten betrachten können: die Meteoritenschwärme und die Kometen, die Saturnringe, die Planetoiden, die selbstleuchtenden oder erborgtes Licht zurückwerfenden Anhängsel nebelhafter Masse, die man der Venus, unserer Erde und der Sonne zuschreiben zu sollen glaubt, um die Lichterscheinungen an der dunklen Seite der ersteren, des Zodiakallichtes und der Sonnenkorona daraus zu erklären; endlich die wahrscheinlich im ganzen Weltraume zerstreuten Schwaden von kleinsten Teilen kosmischer Masse, die, wenn sie in den Bereich der Anziehungskraft unserer Erde gelangen, in der Atmosphäre derselben flüchtig aufleuchten und verglühen. Die Wahrheit wird auch wohl hier in der Mitte liegen, und diese rätselhaften Körperchen werden ebensowohl End- wie Anfangsglieder in der endlosen Entwickelungsreihe darstellen, die sich aus zeitlich und räumlich unbegrenzbaren Werdeprozessen zusammensetzt. Daß auch unsere Erde aus solchem kosmischen Material besteht, kann nach allem Vorhergesagten nicht bezweifelt werden, zumal die Spektralanalyse die stoffliche Verwandtschaft aller unserer Beobachtung zugänglichen Himmelskörper mit irdischen Stoffen nachgewiesen hat. Ebensowenig kann es einem Zweifel unterliegen, daß sich die Entwickelung der ursprünglich gasförmigen, später zum feurig-flüssigen Aggregatzustande verdichteten und schließlich zu einem festen oder wenigstens von einer mehr oder weniger mächtigen, festen Kruste umgebenen Körper gewordenen Erdmasse in der gleichen Weise vollzogen hat wie diejenige anderer Himmelskörper. Wenn wir von diesen nur wenige in dem letzten der hier angeführten Entwickelungsstadien zu beobachten in der Lage sind, so hat dies seinen Grund darin, daß der erstarrte Himmelskörper, wenn er nicht von einem anderen beleuchtet wird, für uns eben unsichtbar bleiben muß. Doch genügen Merkur, Venus und Mars nebst unserem eigenen Monde vollständig, um die Existenz solcher festen Himmelskörper — von der Erde ganz abgesehen — untrüglich nachzuweisen. Wir können daher davon absehen, die Entwickelungsgeschichte der Erde bis zur Zeit ihrer Erstarrung im Einzelnen nochmals durchzugehen; an der Hand der Kant-Laplaceschen Hypothese und der Beläge, die für deren Richtigkeit die einzelnen noch jetzt am Himmel wahrnehmbaren Entwickelungsstadien bieten, ist dieselbe leicht festzustellen und in den früheren Abschnitten auch bereits dargelegt worden. Wir können uns diese Entwickelungsgeschichte in drei große Abschnitte eingeteilt denken. Den ersten und längsten derselben bildet das Gas-

zeitalter, in das vielleicht auch noch das große Ereignis der Abtrennung des Mondes von der Erdmasse fällt, da diese zu jener Zeit annähernd den Raum eingenommen haben muß, der gegenwärtig von der Mondbahn begrenzt wird. Den Uebergang zu der zweiten Entwickelungsstufe werden die Niederschläge der schwer schmelzbaren Stoffe und deren Ansammlung in einer zwischen dem Kern und der äußeren leichten Gashülle entstandenen Schicht eröffnet haben. Dem Gesetze der Schwere folgend werden diese dichteren Massen das Bestreben gehabt haben, in die Tiefe zu sinken; durch die hier herrschende Hitze werden sie aber alsbald wieder in Gasform aufgelöst worden und neuerdings zu den höheren Regionen emporgestiegen sein, in denen ähnliche Zustände geherrscht haben mögen, wie wir sie heute an der Photosphäre der Sonne wahrnehmen. Der lebhaftere Verbrennungsprozeß, der mit diesen Vorgängen infolge der durchgreifenderen Bewegung der Masse verbunden gewesen sein wird, wird auch eine stärkere Wärmeausstrahlung der Gesamtmasse gegen den kalten Weltraum zur Folge gehabt haben, so daß die Abkühlung und Verdichtung derselben rascher vorschreiten konnte als in dem vorhergegangenen Zeitabschnitte, womit auch eine beträchtliche Abkürzung dieser zweiten Entwickelungsperiode verbunden gewesen sein wird. Bei zunehmender Abkühlung werden dann die Niederschläge der schwerer schmelzbaren Stoffe immer tiefer in die Centralmasse eingesunken und nach erfolgter Wiederverflüchtigung immer weniger hoch in die Gasatmosphäre emporgetrieben worden sein. Diese, und namentlich die der Sonnenphotosphäre ähnliche Schicht, wird infolgedessen an ihrem äußeren Umfange immer mehr abgenommen, an Dichtigkeit dagegen immer mehr gewonnen haben, und schließlich wird sich eine feurigflüssige Schicht gebildet haben, deren Wärme jetzt nur noch durch Fortleitung bis an die Oberfläche gelangt sein wird. Damit beginnt der dritte Entwickelungsabschnitt. Die Abkühlung an der Oberfläche wird sich immer rascher vollzogen und zur Verkrustung geführt haben. Es ist wahrscheinlich, daß die Verkrustung zuerst an den Polen eingetreten ist, weil hier die feurigflüssige Masse sich im Vergleich zu den dem Aequator näher gelegenen Zonen der Erdoberfläche in einem verhältnismäßig ruhigen Zustande befand, weil sie den Einwirkungen der Rotation, bezw. der Centrifugalkraft sowie der Ebbe und Flut bewirkenden Anziehungskraft der Sonne, des Mondes und der benachbarten Planeten in weit geringerem Maße ausgesetzt war. Auch die Atmosphäre, die in jenem Zeitabschnitte nur noch geringfügige Reste schwerer schmelzbarer Stoffe in gasförmigem Zustande enthalten haben wird, wird infolge der Rotationsabplattung hier eine geringere Höhe als am Aequator und den ihm benachbarten Zonen gehabt und infolgedessen der ausstrahlenden Wärme auch weniger Widerstand entgegengesetzt haben. Allmählich wird sich dann auch die Krustenbildung über die ganze Erdoberfläche erstreckt haben, freilich nicht ohne daß sie zuweilen durch heftige Ausbrüche von glühenden Gasen und feurigflüssigen Massen aus dem Inneren unterbrochen worden wäre.

Die auf solche Art zu stande gekommene Urkruste unseres Planeten ist aber nirgends mehr vorhanden, sondern wurde schon zu einer Zeit, wo von organischem Leben auf der Erde noch keine Spur zu finden war, in andere Formen umgesetzt. Die Kräfte, die an dieser Umgestaltung hauptsächlich teilnahmen, waren teils chemischer, teils mechanischer Natur. Zunächst ist dem Sauerstoff ein bedeutender Anteil an diesem Umwandlungsprozesse zuzuschreiben, da er geneigt ist, mit allen möglichen Elementen Verbindungen einzugehen und sie zu zersetzen und zu verändern. Nachdem die Abkühlung soweit vorgeschritten war, daß sich das bis dahin in gasförmigem Zustande in der Atmosphäre schwebende Wasser auf der Erdoberfläche niederschlagen konnte, zehrte der Wasserdampf an den festen Bestandteilen derselben und vermittelte so ihre weitere chemische Umprägung. Endlich trat das Wasser als mechanisch wirkende Kraft auf und vereinigte sich mit der atmosphärischen Luft zur Durchführung eines Verwitterungs- und Abspülungsprozesses, der den chemischen Kräften ein nur desto besser vorbereitetes Material zu ihrer weiteren Umgestaltungsarbeit lieferte.

Während auf solche Art schon im Anfang der Krustenbildung unseres Planeten bedeutende Veränderungen vor sich gingen, verdickte sich nach innen hin die feste Schale

des Erdkörpers mehr und mehr. Ob und welche Veränderungen aber an der Kernmasse des Erdballes sich vollzogen, und in welchem Aggregatzustand sich derselbe in den verschiedenen Zeitabschnitten der Erdentwickelung befunden hat oder sich noch gegenwärtig befindet, das ist heute für die Wissenschaft eine noch völlig offene Frage. Man hat dieselbe wohl in der verschiedensten Weise zu beantworten gesucht, von der einen Seite das Vorhandensein eines feuerflüssigen Kernes bestimmt behauptet, von der anderen an Stelle desselben eine gasartige Materie gesetzt, die man sich aber infolge des ungeheueren Druckes der sie rings umschließenden Massen in einem ganz eigenartigen, pechartig zähflüssigen Aggregatzustande vorstellte. Auch trat die Ansicht zu Tage, daß die ganze Erdmasse starr sei, dabei aber doch eine gewisse Elasticität besitze, was allerdings etwas schwer zusammen zu reimen ist. Am vorsichtigsten spricht sich über diese Frage Melchior Neumayr in seiner „Erdgeschichte" aus, indem er nach Aufzählung der verschiedenen Hypothesen, die in dieser Beziehung aufgestellt worden sind, zu folgendem Schlusse gelangt: „Wo immer wir uns hinwenden, überall treten uns ungelöste Zweifel entgegen, die eine sichere Entscheidung für jetzt noch unmöglich machen. Daß die Erde früher in heißflüssigem Zustande sich befand, daß in ihrem Innern sehr hohe Temperaturen herrschen, dürften wir als erwiesen annehmen; ob geschmolzene Massen noch im Innern vorhanden sind oder ob die Erde vollständig starr ist bis zum Mittelpunkte, darüber ein bestimmtes und berechtigtes Urteil auszusprechen ist unmöglich. Wenn noch feuerflüssige Massen im Centrum sich befinden, dann ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, daß sie von einer sehr dicken festen Kruste umgeben sind."

Auch über die Dicke dieser Kruste sind die Ansichten geteilt; manche älteren Geologen glaubten, daß schon in einer Tiefe von $2^1/_2$ oder doch wenigstens von 5—6 Meilen die geschmolzenen Massen beginnen, während andere, und, wie Neumayr meint, wohl sehr mit Recht, der Ansicht sind, daß bei so geringem Durchmesser die solide Rinde nicht die nötige Stabilität (Dauerhaftigkeit) besitzen könnte. Das einzige Mittel, um diese Streitfrage zur Lösung zu bringen, wäre eine Anbohrung der Erde in ausgiebigem Maße; dazu fehlen aber vor allem die Geldmittel, auch werden aller Wahrscheinlichkeit nach die technischen Schwierigkeiten, die einem solchen Unternehmen sich entgegenstellen, für alle Zeiten unüberwindlich bleiben, so daß sich jeder derartige Versuch als unzulänglich herausstellen dürfte, wenn er überhaupt unternommen werden sollte. Wohl sind zu industriellen sowie zu Verkehrszwecken (in Bergwerken und Eisenbahndurchstichen) Bohrungen von bedeutender Tiefe vorgenommen worden, und eine solche — in Paruschowitz bei Rybnik in Schlesien — hat eine Tiefe von 2003 m erreicht. Vorzügliche Gelegenheit zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die Temperaturzunahme im Erdinnern haben die großen Alpendurchstiche der Neuzeit gegeben. Der älteste dieser Durchstiche, der Mont-Cenis-Tunnel, der aus Savoyen nach Piemont führt, hat in dieser Richtung nur sehr lückenhafte Ergebnisse gebracht, weil damals das wissenschaftliche Interesse für diese Frage noch nicht geweckt war. Um so verdienstvoller waren die Arbeiten und Beobachtungen des am Bau des Gotthard-Tunnels beteiligten Ingenieurs Stapff, der mit der größten Sorgfalt die Beobachtung der Temperaturverhältnisse dieses Tunnelbaues durchgeführt hat. Das Nordportal des Gotthard-Tunnels befindet sich im Reußthale bei Göschenen 1109 m, das Südportal bei Airolo im Thale des Tessin 1145 m ü. M., die Entfernung zwischen beiden, also die Länge des Tunnels, beträgt 14 920 m. Natürlich ist jedoch, wie Neumayr in seiner „Erdgeschichte" hervorhebt, für die Gesteinstemperatur eines Punktes nicht seine horizontale Entfernung von der Mündung maßgebend, sondern die Höhe, bis zu welcher Gestein über ihm liegt. Es hängt also die Wärme, welche die einzelnen Teile des Tunnels erreichen, namentlich von dem Relief des darüberliegenden Gesteins ab, und bei der Bestimmung der geothermischen Tiefenstufe für einen Punkt muß stets dessen Entfernung von der nächstgelegenen Stelle der Oberfläche in Rechnung gezogen werden. Nach den Beobachtungen von Stapff erhoben sich die höchsten Temperaturen, welche erreicht wurden, etwas über 30°, das Maximum betrug 30,8°. Im Allgemeinen entspricht die Wärmezunahme der Höhe der überlagernden Gebirgsmassen, aber die Uebereinstimmung ist keine absolute; im

Verhältnis sind, wie das zu erwarten war, die vom Thermometer gezeigten Schwankungen geringer als die Unebenheiten der Oberfläche, d. h. unter Bergspitzen nimmt die Wärme relativ weniger zu, unter Thälern weniger ab. Eine wesentliche Abweichung zeigte sich nur unter dem Thalboden von Andermatt, wo die Temperatur eine verhältnismäßig sehr hohe war, vermutlich wegen des Auftretens von Gips in dieser Partie, in welchem Wärmeentwickelung durch chemische Vorgänge wahrscheinlich ist. Die geothermische Tiefenstufe betrug ungefähr 50,3 m. Was unter diesem Ausdrucke zu verstehen ist, soll sofort erklärt werden.

Durch Temperaturmessungen, die in verschiedenen direkten Tiefenbohrungen vorgenommen worden sind, hat man sich überzeugt, daß eine ständige Erhöhung der Temperatur nach der Tiefe hin stattfindet, und man hat eine sogenannte geothermische Tiefenstufe aufgestellt, die aber für verschiedene Bohrungen ebenso verschiedene Resultate ergab. So fand man, daß in dem bis zu einer Tiefe von 1272 m geführten Bohrloche zu Sperenberg, südlich von Berlin, die Temperatur bei je 33 m Tiefe um je 1° C. zunahm, in dem Bohrloche zu Schladebach bei Merseburg fand man 37, in Sennewitz bei Halle 36, in Sudenberg bei Magdeburg etwas über 32, in anderen zahlreichen Bohrlöchern und Bergwerken 24—28 m als Maß der geothermischen Stufe, für die eine Temperaturerhöhung von je 1 Grad C. eintritt. Im Gotthardtunnel wuchs die geothermische Stufe auf 44 m an. Die höchste Temperatur, die in dem tiefsten aller bisher bekannten Bohrlöcher (dem bereits erwähnten von Paruschowitz) gefunden worden ist, betrug nahezu 70° C. In dem Sperenberger Bohrloche hat man äußerst sorgfältige Temperaturmessungen vorgenommen, aus denen sich ergab, daß die Temperaturzunahme in den obersten Schichten eine höhere Ziffer zeigte als in den unteren. Man hat daraus den Schluß ziehen wollen, daß die Temperaturzunahme in einer gewissen Tiefe ganz aufhöre, und daß daher die Quelle der Eigenwärme der Erde nicht im Centrum, sondern in einer gewissen Schicht der Erdrinde zu suchen sei. Daß diese Schlußfolgerung eine irrige war, liegt auf der Hand; wir wissen bereits, daß die geothermische Tiefenstufe für verschiedene nahe beieinander gelegene Orte eine verschiedene ist, wobei jedenfalls die Beschaffenheit des Materials, durch welches das Bohrloch geführt wird, eine wichtige, vielleicht ausschlaggebende Rolle spielt. Es liegt kein Grund gegen die Annahme vor, daß derselbe Umstand auch in einem und demselben Bohrloche in Betracht kommen kann, sofern die Beschaffenheit des Materials oder sonstige Verhältnisse in den tieferen Schichten sich verändern. So lange überhaupt eine Wärmezunahme nach der Tiefe hin festgestellt ist, kann aus dem größeren oder geringeren Maße derselben kein Schluß auf die Verhältnisse im Erdinnern gezogen werden, zumal die Tiefen, bis zu denen die Beobachtung überhaupt bisher vorgedrungen ist, im Verhältnis zur Mächtigkeit der Erdmasse verschwindend klein sind.

Lange Zeit hat man das Vorkommen vulkanischer Eruptionen mit ihren glühenden Lavamassen, heißen Mineralquellen und Geysiern auf den feuerflüssigen Kern des Erdkörpers zurückführen wollen und sich die Oberfläche des Planeten durch die Schlote der Vulkane und die Felsspalten, sowie die heißen Quellen und Ströme als unmittelbar verbunden mit diesem inneren Feuermeere gedacht. Diese Vorstellungen haben indes neueren Anschauungen weichen müssen, auf die wir im nächsten Kapitel ausführlicher zurückkommen werden. Immerhin bleibt die Frage offen, ob die glühenden Lavamassen der Vulkane nur durch die innere Erdwärme bis zum Schmelzen erhitzt worden sind, oder ob dabei chemische Vorgänge mit im Spiele sind, durch die in ähnlicher Weise Selbsterhitzung und Selbstentzündung hervorgerufen wird, wie dies beispielsweise bei in größeren Mengen aufgeschichteter fein gepulverter Holzkohle, bei Heuhaufen, Wolle und anderen Stoffen vorkommt. Wahrscheinlich werden die beiden Ursachen nebeneinander wirken.

Neben der inneren oder Eigenwärme der Erde finden wir an der Oberfläche derselben auch eine solche, die von der Sonne herrührt und die wir daher als äußere Erdwärme bezeichnen können. Diese Wärme dringt von außen her nur sehr wenig in den Boden ein und beharrt in einer gewissen Tiefe unter demselben das ganze Jahr hindurch auf einem Grade, der der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Ortes entspricht. An Orten,

wo die mittlere Jahrestemperatur unter 0 bleibt, ist auch der Boden in dieser Tiefe dauernd gefroren. Die Lage der sogenannten „konstanten Linie", d. h. derjenigen Bodenschicht, in der diese beständige Temperatur herrscht, ist je nach den Zonen verschieden; in den Tropen und in den Polarregionen liegt die konstante Linie nur 1—2 m unter der Oberfläche, im mittleren Europa sinkt sie aber auf 25—30 m herab. In dem 27,6 m tiefen Keller der Pariser Sternwarte hat der Chemiker Lavoisier 1783 ein Thermometer zur Beobachtung der konstanten Schicht angebracht, das noch heute dort hängt und wie zur Zeit seiner Anbringung 11,6° C zeigt. Die Abkühlung des Bodens in der warmen Jahreszeit beginnt aber in unseren Breiten schon weit über der konstanten Schicht und macht sich bekanntlich schon in unseren Kellern geltend, die nur wenige Meter unter der Oberfläche liegen. So beträgt beispielsweise in Berlin die durchschnittliche Jahrestemperatur 9,1° C., die Wärme erreicht aber im Maximum 31,8° C. und das Minimum der Lufttemperatur etwa 17° C. Kälte. Wenn wir nun an einem heißen Sommertage unserem Keller einen Besuch abstatten, so werden wir dort die Temperatur sehr kalt finden, obgleich dieselbe immerhin noch 12—15° betragen mag; hätten wir aber einen Keller, der bis zur konstanten Schicht hinabdringt, wie derjenige der Pariser Sternwarte, so würden wir dort die mittlere Jahrestemperatur von 9,1° vorfinden, eine Temperatur, die uns, auf ein kaltes Bad übertragen, in ganz erheblichem Maße Zähneklappern verursachen würde. Umgekehrt werden wir zu strenger Winterszeit auch schon in einem wenig tiefen Keller eine bedeutend wärmere Temperatur vorfinden als auf offener Straße, und in der Tiefe der konstanten Schicht würde uns die dort beständig herrschende Temperatur von 9,1° sehr behaglich erscheinen.

Dringen wir nun von der konstanten Schicht weiter in die Tiefe, dann beginnt jene allmähliche Wärmezunahme, die der Eigenwärme der Erde zuzuschreiben ist, und die in bedeutenden Tiefen zu einer wahren Qual der dort beschäftigten Arbeiter wird. Im Staate Nevada findet sich ein Gold- und Silberbergwerk, das als eines der reichsten der Erde gilt und in dessen Tiefen die Arbeiter bei einer Temperatur von 46 1/2° C. ihr schweres Tagewerk vollbringen müssen. Die Habgier der Besitzer versuchte noch weiter in die beutereiche Tiefe vorzudringen; allein die Temperatur von 50°, die dort herrschte, war für die Arbeiter unerträglich, und der kostspielige Versuch mußte aufgegeben werden.

Sobald die Tiefentemperatur 60° C. erreicht, ist überhaupt jeder Aufenthalt ausgeschlossen, denn bei dieser Temperatur würde das Eiweiß des Blutes gerinnen und unfehlbar der Tod eintreten. Die Tiefe, in der die Eigenwärme der Erde bis zu diesem Grade steigt, ist in dem Bohrloche von Paruschowitz bereits überschritten worden; das Werk der Menschenhand ist also hier bis zu einem Punkte vorgedrungen, den der Mensch selbst nicht erreichen kann. Und trotzdem — wie verschwindend klein ist die hier erreichte Tiefe im Vergleiche zu der Entfernung, die uns vom Mittelpunkt der Erde trennt! Noch nicht der 3000. Teil der Strecke ist damit gewonnen, die wir zurücklegen müßten, wenn wir unseren zu gleichem Versuche sich aufraffenden Antipoden ein Stelldichein im Mittelpunkte der Erde geben wollten. Um das Paruschowitzer Bohrloch auf einem Globus von einem Meter Durchmesser zu improvisieren, würde ein Nadelstich genügen, der nur etwa eineinhalb Millimeter tief in die Oberfläche desselben einzudringen brauchte. Es entsteht nun die Frage: in welcher Tiefe beträgt die Eigenwärme der Erde einen so hohen Grad, daß das Gestein und andere schwer flüssige Körper, wie Eisen, Gold u. s. w., dort zum Schmelzen gebracht werden, so daß in noch größeren Tiefen nur noch feuerflüssige oder gasförmige Materien bestehen könnten. Um diese Frage zu beantworten, genügen aber, wie Melchior Neumayr hervorhebt, keineswegs die im Laboratorium gefundenen Ziffern; denn wenn die hier angestellten Versuche ergeben, daß Substanzen bei diesem oder jenem Wärmegrade starr werden oder schmelzen, so gilt dies nur für den Druck von einer Atmosphäre*), wie er bei

*) Der Druck einer Atmosphäre ist gleich demjenigen, den eine Quecksilbersäule von 760 mm Höhe auf eine Fläche ausübt, wobei vorausgesetzt ist, daß der Querschnitt dieser Quecksilbersäule gleich ist demjenigen der Luftsäule, die auf der betreffenden Fläche ruht, also dem Flächeninhalt der betreffenden Fläche selbst.

uns an der Oberfläche herrscht; wenn wir aber den Prozeß in eine Tiefe von 66 km hinabversetzen, in der vielleicht eine Temperatur von 2000 Grad herrscht, so repräsentiert dort die auflastende Gesteinmasse einen Druck von 19000 Atmosphären, dessen Einfluß auf die Erstarrungstemperatur wir nicht im mindesten bemessen können, und mit jeder Meile, die wir weiter nach der Tiefe hin vorrücken, steigt der Druck noch um weitere 2000 Atmosphären. Berücksichtigt man noch überdies die größere Dichtigkeit des Erdinnern, so gelangt man zu einer Höhe der Pression, die alle unsere Begriffe weit übersteigt. Ueber den Einfluß hohen Druckes auf Erstarrung und Schmelzung weiß man nicht sehr viel. Es ist bekannt, daß Eis durch Druck geschmolzen werden kann; da jedoch das Wasser beim Gefrieren sich ausdehnt, so liegt die Vermutung nahe, daß auf andere Körper, die sich beim Erstarren zusammenziehen, der Druck die entgegengesetzte Wirkung haben werde. In der That wird diese Voraussetzung durch einige Experimente bestätigt. Bunsen fand z. B., daß Walrat*), welches unter gewöhnlichen Verhältnissen bei 47,7° C. fest wird, unter einem Drucke von 141 Atmosphären schon bei 50,5° erstarrt, und ähnliche Erfahrungen werden auch in mehreren anderen Fällen gemacht. Man darf daher annehmen, daß unter hohem Drucke auch die Gesteine schon bei viel höherer Temperatur fest werden, wenn man auch über den Betrag der Einwirkung keine genaue Berechnung anstellen kann. Hiernach erscheint die Annahme gerechtfertigt, daß die starre Erdkruste noch weit unter jene Tiefe von 66 km hinabreichen wird, in welcher sie, wenn dort die Einwirkung des Druckes nicht stattfände, bereits schmelzen würde.

Auf die Frage, woher das geschmolzene Material der Vulkane kommt, wenn erst in der Tiefe von mehr als 200 Meilen unter der Oberfläche die starre Erdkruste ihr Ende erreicht, feuerflüssige Massen also erst in den noch tiefer gelegenen Regionen den Inhalt des Erdkernes bilden, werden wir im nächsten Kapitel noch näher zurückkommen. Sicher ist, daß sie aus solcher Tiefe nicht stammen können, denn sie müßten weit früher erstarrt sein, als sie bis zur Oberfläche gelangen können. Als Beweis für das Vorhandensein eines solchen feuerflüssigen Kernes können also die vulkanischen Erscheinungen nicht angesehen werden. Hört aber die Wärmezunahme in einer gewissen Tiefe auf, so fällt dieser Grund zur Annahme eines solchen feuerflüssigen Kernes überhaupt weg. Hopkins hat hierfür einen Beweis aus den periodischen Veränderungen der Lage der Erdachse zu konstruieren versucht, indem er zeigte, daß diese Erscheinungen in anderer Weise auftreten müßten, je nachdem die Erde als durchaus starre Masse oder als flüssig oder als mit einer dünnen Kruste, oder endlich als mit einer dicken Kruste und verhältnismäßig kleinem Kern versehen gedacht wird. Seine diesbezüglich angestellten Rechnungen ergaben, daß die Erde angesichts der thatsächlichen Verhältnisse der Präcession und Nutation entweder ganz starr oder zum mindesten von einer Kruste von mindestens ein Viertel bis ein Fünftel ihres Halbmessers umhüllt sein müsse. Bei den Experimenten, auf denen die Berechnungen Hopkins beruhten, hat der Genannte indes übersehen, daß der flüssige Erdkern unter keinen Umständen als absolut flüssig gedacht werden darf, sondern daß er von zäher Beschaffenheit sein muß und eine so erhebliche Reibung des geschmolzenen Kernes an der Innenfläche der festen Kruste stattfinden muß, daß dadurch die Bedeutung der Ergebnisse seines Experimentes, auf die Wirklichkeit übertragen, beträchtlich verschoben wird. Immerhin beweisen die Ausführungen Hopkins, daß die Erdkruste von einer sehr bedeutenden Mächtigkeit sein muß, und daß bei einer sehr dünnen, nur wenige Meilen in der Dicke messenden Rinde die Erscheinungen der Präcession und Nutation andere sein müßten, als sie es in Wirklichkeit sind.

Hören wir schließlich noch eine von Lord Kelwin im „Philos. Mag." aufgestellte Ansicht über die Entwickelungsgeschichte der Erdrinde. Einige Zeit vor der Erstarrung

*) Walrat, in der Apothekersprache Sperma ceti oder Cetaceum genannt, ist eine fettige Substanz, die sich in den Höhlungen der Schädeldecke, in einem vom Kopfe bis zum Schwanze laufenden Kanal und auch in einigen kleineren Körperhöhlungen des gemeinen Potwales vorfindet und beim lebenden Zustande dieses Walfisches ein gelbliches Oel darstellt, das sich in solcher Menge vorfindet, daß der Ertrag eines einzigen Tieres mehrere (bis 12) große Fässer füllt.

derselben, die der Genannte 20—40 Millionen Jahre hinter die Gegenwart zurück verlegt, muß nach seiner Ansicht das Innere bereits fest gewesen sein, da es unter einem kolossalen Druck stand; höchstens konnte ein Raum in der Nähe des Centrums mit glühendem Eisen, Kupfer, Blei, Silber, Gold und anderen Metallen, die auch bei sehr hohem Drucke flüssig bleiben, ausgefüllt sein. Die Erdrinde stellte nun über dem festen Kern ein etwa 40 km tiefes Meer glühender Lava dar. Lord Kelwin hält es für wahrscheinlich, daß der Erstarrungsprozeß der Erdoberfläche verhältnismäßig sehr schnell vor sich ging. Das Lavameer ist einer chemischen Lösung zu vergleichen. In der Flüssigkeit waren alle Mineralien aufgelöst. Als die Temperatur sank, schieden sich die meisten Mineralien als Krystalle und Körner von der Flüssigkeit ab. Diese Masse aneinander fallender Mineralpartikelchen bildete den Granit. Es stimmt damit auch überein, daß die Hauptbestandteile des Granits, der Feldspat, Quarz und Glimmer, erst bei ungeheuer hohen Temperaturen schmelzen. Die Abkühlung der Erde brauchte also noch nicht sehr weit vorgeschritten zu sein, um diese Mineralien erstarren zu lassen. Aus der Flüssigkeit dagegen entstand der Basalt, der bereits bei 880 Grad schmilzt. Nachdem die Erde einmal fest geworden war, dauerte es jedoch nicht lange, bis sich ihre Oberfläche so weit abgekühlt hatte, daß Lebewesen auf ihr gedeihen konnten. Auf die Frage, ob zu jener Zeit in der Luft bereits Sauerstoff vorhanden gewesen sei — eine Frage, die um so gerechtfertigter erscheint, als in den Hohlräumen von Granit und Basalt zwar Stickstoff, Kohlensäure und Wasser, aber niemals Sauerstoff gefunden worden ist —, antwortet Lord Kelwin mit dem Hinweis auf die Thatsache, daß in den warmen Quellen des Yellowstone-Parkes noch heute Pflanzen ohne Berührung mit der Luft gedeihen, die die in jenen Quellen vorhandene Kohlensäure zersetzen und dadurch Sauerstoff an das Wasser und schließlich an die Luft abgeben. Die Pflanzen waren danach vielleicht die ersten Erzeuger des freien Sauerstoffes gewesen. Allerdings konnten sie diese Arbeit nur unter Mitwirkung des Sonnenlichtes verrichten, und es fragt sich, ob die Sonne damals bereits die Lichtmasse ausströmte wie heutzutage. Nach den Berechnungen hervorragender Physiker war die Sonne vor 50 Millionen Jahren noch nicht entfernt so warm wie jetzt. Erstarrte die Erde zu dieser Zeit, so blieb sie sicher 20 bis 30 Millionen Jahre unbelebt. Denn erst nach 25 Jahrmillionen waren das Sonnenlicht und die Sonnenwärme so stark, daß Tiere und Pflanzen ihr Leben fristen konnten.

Daß diese Anschauungen eben so viele Anhänger als Gegner gefunden haben, ist selbstverständlich; unstreitig enthalten sie aber einzelne Gedanken, die auch dem Laien als Anhaltspunkte dienen können, um sich die Verhältnisse, die in jenem dunklen Abschnitte der Entwickelungsgeschichte der Erde geherrscht haben mögen, anschaulicher zu machen. Die Schwierigkeiten, die sich gerade hier der Aufstellung einer gegen Anfechtungen aller Art auch nur halbwegs gesicherten Hypothese darbieten, liegen eben darin, daß, wie schon weiter oben ausgeführt worden ist, das Experiment niemals den in der Natur selbst bestehenden Verhältnissen entsprechen kann, während es uns andererseits nicht möglich ist, ähnliche Naturvorgänge, wie sie etwa der Zustand der Sonne oder einiger veränderlicher Sterne aufweisen, anders als aus kosmischen Entfernungen zu betrachten und dementsprechend zu beurteilen.

Zweites Kapitel.

Der Vulkanismus.

Die Begründer und Vertreter der sogenannten Plutonistischen Theorie haben eine Dicke der festen Erdkruste von wenigen Meilen (5—7) angenommen und alle plötzlichen wie allmählichen Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche auf die Kraftwirkung zurückführen zu sollen geglaubt, die der heißflüssige Erdkern infolge seiner eigenen, sowohl durch innere als auch durch äußere Kräfte (namentlich die Anziehungskraft anderer Himmelskörper) verursachten Bewegung ausübt. Nach ihrer Auffassung entstanden die Vulkane aus „blasenförmigen Auftreibungen" der Erdkruste durch die „Vermehrung der hebenden Kraft" an solchen Stellen, wo die „in allzu großer Menge gegen die Oberfläche gedrängten feuerflüssigen Massen im Ausbruchskanal Widerstand finden", und wurden gewissermaßen als Sicherheitsventile an dem dünnwandigen und stark überheizten Erdkessel angesehen; dem Erdbeben fiel dabei die Rolle von kleineren oder größeren Kessel-Explosionen bezw. von Anläufen zu solchen als Anzeichen einer übermäßigen Spannung infolge der Unzulänglichkeit jener Ventile zu. Ja, man stellte sich den flüssigen Erdkern geradezu als in einem Zustand fortwährender Ebbe und Flut befindlich vor, den man, ähnlich wie beim Meere, den wechselnden Einflüssen der Anziehungskraft von Sonne und Mond zuschrieb und als dessen Folgewirkung man die vulkanischen Ausbrüche und die Erdbeben betrachtete.

Diese Vorstellungen sind durch die neueren Fortschritte der Wissenschaft teils gänzlich aufgehoben, teils wesentlich modificirt worden. Namentlich haben hinsichtlich des Vulkanismus im engeren Sinne des Wortes*), d. h. der Natur und Entstehungsart der vulkanischen Ausbrüche, veränderte Anschauungen Platz gegriffen. Man ist von der älteren Ansicht, nach welcher die Vulkane die Mündungen von Kanälen sein sollten, die eine offene und permanente Verbindung der Atmosphäre mit dem heißflüssigen Erdkerne herstellen, so ziemlich abgekommen und neigt vielmehr der Annahme zu, daß die vulkanischen Herde in nicht allzu beträchtlicher Tiefe (nach Karl Vogt höchstens 30 km oder ungefähr vier Meilen) unter der Erdoberfläche liegen und keineswegs unter sich im Zusammenhange stehen bezw. von ein und derselben Quelle gespeist werden, daß vielmehr jeder bedeutendere Vulkan seinen selbständigen Herd besitze. Als die eigentliche Ursache des Vulkanismus nehmen die Einen chemische Prozesse, durch welche die Wärme erzeugt wird, verbunden mit einem Zutritt von Wasser, dessen Dämpfe die Eruptionen bewirken, die Anderen Wärmeentwickelung auf mechanischem Wege an. Auch finden sich beide Ansichten miteinander verbunden, indem einerseits der Vulkanismus durch Senkungen zu erklären versucht wird, die durch die Einwirkung des Meeres auf feste Gesteine entstanden sind und örtliche Ueberhitzungen hervorgebracht haben, andererseits die Bestrahlung der Erde durch die Sonne, der Krystallisationsprozeß unter freiwerdender latenter Wärme und chemische Vorgänge (wie Kohlensäure-Entwickelung, Selbstentmischung von Kohlenmineralien, Schwefelmetallbildung u. s. w., welche sich im Erdinnern zur Herstellung einer konstanten, mäßig warmen Temperatur verbinden und durch Fortleitung in den innern Erdkern verbreiten) als Wärmequellen bezeichnet werden.

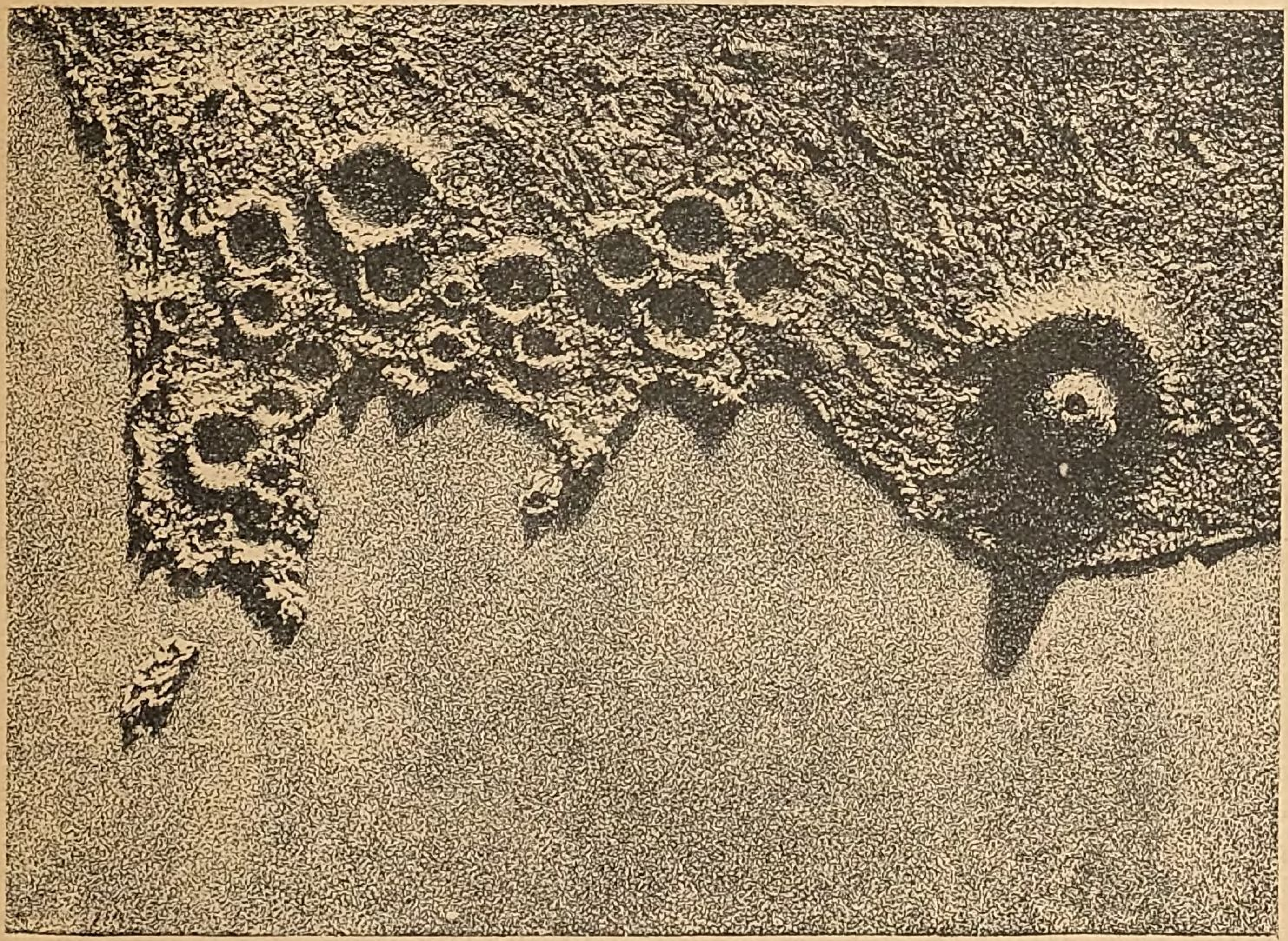
Wie Mayer in Heilbronn, der Begründer der mechanischen Wärmetheorie, in dem Hereinstürzen von Meteoriten in die Sonne die Kraftquelle für die Erhaltung und Forterzeugung der Sonnenwärme erblickte, so glaubt der Engländer R. Mallet in der Zusammenziehung der Erde infolge ihrer Abkühlung die Kraftquelle für die Erzeugung und Erhaltung der vulkanischen Thätigkeit gefunden zu haben. Seine Theorie, welche sich

*) Als Vulkanismus in weiterem Sinne des Wortes ist die Gesamtheit der Erscheinungen aufzufassen, die im ursächlichen Zusammenhange mit feuerflüssigen Massen im Erdinnern stehen.

teilweise an diejenige anderer Forscher, wie Prevost, Dana, Sueß, Lagrange u. A. anschließt, ist in kurzen Worten die folgende: Die Erdrinde (nach Mallet 48,3—80,5 km) und der Erdkern ziehen sich infolge der Abkühlung ungleichmäßig zusammen; der heißere Kern rascher, die kühlere Kruste langsamer. Die Erdrinde wird hierbei teilweise ihrer stützenden Unterlage beraubt; dieser Umstand hatte in früheren Epochen während eines raschen Abkühlungsverhältnisses infolge der höheren Temperatur der ganzen Kugel und der dünnen Kruste die Erhebung der Gebirge und die Bildung der Kontinente zur Folge; unter den gegenwärtig obwaltenden Verhältnissen ist er die Veranlassung der vulkanischen Erscheinungen. Die feste Rinde sinkt zusammen, um dem schrumpfenden Kern zu folgen und wird dabei unter dem Einfluß ihrer eigenen Schwere an einzelnen Stellen zertrümmert. Die Arbeit, welche hierbei wie überhaupt bei der Verschiebung der einzelnen Teile der Erdkruste geleistet wird, verwandelt sich (nach der mechanischen Wärmetheorie) in Wärme, und diese genügt, um an jenen Stellen, wo die Zertrümmerung in größerem Maßstabe eintritt, die zermalmte Masse selbst sowie auch deren nächste Umgebung bis auf den Schmelzpunkt zu erhitzen. Durch den Zutritt von Wasser an solchen Stellen entsteht sodann die vulkanische Eruption. Auf Grund von umfassenden und in großem Maßstabe ausgeführten Versuchen weist Mallet nach, daß weniger als ein Viertel der gesamten, von unserer Erde gegenwärtig ausstrahlenden Wärme genügen würde, um die Vulkane zu erklären.

Obgleich Mallet seine Theorie durch Rechnung und Experiment zu begründen bemüht war und in der That die Möglichkeit der von ihm vorausgesetzten Vorgänge bewiesen hat, so sind doch mancherlei Fehler und irrtümliche Voraussetzungen in seinen Ausführungen mit unterlaufen, die den Wert derselben herabmindern. Auch hier gilt das, was bereits von Hopkins Versuchen gesagt worden ist: während die Versuchsobjekte in freier Luft behandelt worden sind, liegen die Massen, deren Verhalten sie im Kleinen darstellen sollen, rings eingeschlossen von anderen Massen und stehen unter der Einwirkung eines ungeheuren Druckes, so daß die Ergebnisse hier ganz andere sein dürften, als sie sich im Experiment darstellen. Auch wendet Neumayr gegen die Malletsche Theorie ein, daß die Senkungen, von deren Wirkung ihr Erfinder sich so gewaltige Effekte verspricht, aller Wahrscheinlichkeit nach nicht plötzlich, sondern im Verlaufe sehr langer Zeiträume erfolgt sein werden. Halten wir an der schon im vorhergegangenen Kapitel erwähnten Erfahrung fest, daß Materien unter starkem Drucke selbst bei einer Hitze starr bleiben, bei welcher sie unter gewöhnlichem Drucke längst in den feuerflüssigen Zustand übergegangen wären, und fügen wir hinzu, daß geschmolzene Massen die Fähigkeit besitzen, Gase in sich aufzunehmen, die sie dann beim Erkalten unter gewöhnlichem Luftdrucke wieder entweichen lassen, so stellt sich uns die Frage von der Natur des Vulkanismus aus einem anderen Gesichtspunkte dar. Wir sehen uns, wie Neumayr betont, zu der Annahme gezwungen, daß schon bei der Bildung und Individualisirung der Erde aus einem Dampfballe die flüssigen Massen mit Gasen durchtränkt und gesättigt wurden. Unter dem sehr bedeutenden Drucke in der Tiefe aber hat beim Erstarren der Gesteine die von diesen aufgenommene Gasmenge nicht entweichen können, sondern wurde in der fest gewordenen Masse zurückgehalten, und zugleich bewirkte der hohe Druck, wie schon erwähnt, ihre Erhaltung in festem Zustande trotz der hohen Temperatur, die ihren Schmelzpunkt bei weitem übersteigt. Oeffnet sich aber in der Erdrinde eine Spalte von genügender Tiefe, um die in diesem Zustande befindlichen Massen zu erreichen, so werden dieselben entlastet und sofort in den feurigflüssigen Zustand übergehen und zugleich werden die von ihnen aufgenommenen Gase zu entweichen beginnen. Da nun, soweit unsere Erkenntnis der Dinge reicht, alle Vulkane auf großen Verwerfungsspalten und vorzugsweise an den Bruchrändern der Gebirge entstehen, so würde sich aus dem Vorhergesagten eine sehr wahrscheinliche Hypothese für die Entstehung der Vulkane ergeben. Die geschmolzenen Massen steigen in dem erstandenen Risse empor, teils infolge der Schwere der Gesteinsmassen, die gegen den Druck, der die Spaltung bewirkt hat, einen mächtigen Gegendruck ausüben, teils infolge der Ausdehnung der freiwerdenden Gase, teils endlich infolge des Eindringens von Wasser in die Spalte, das sich in Dampf verwandelt und in

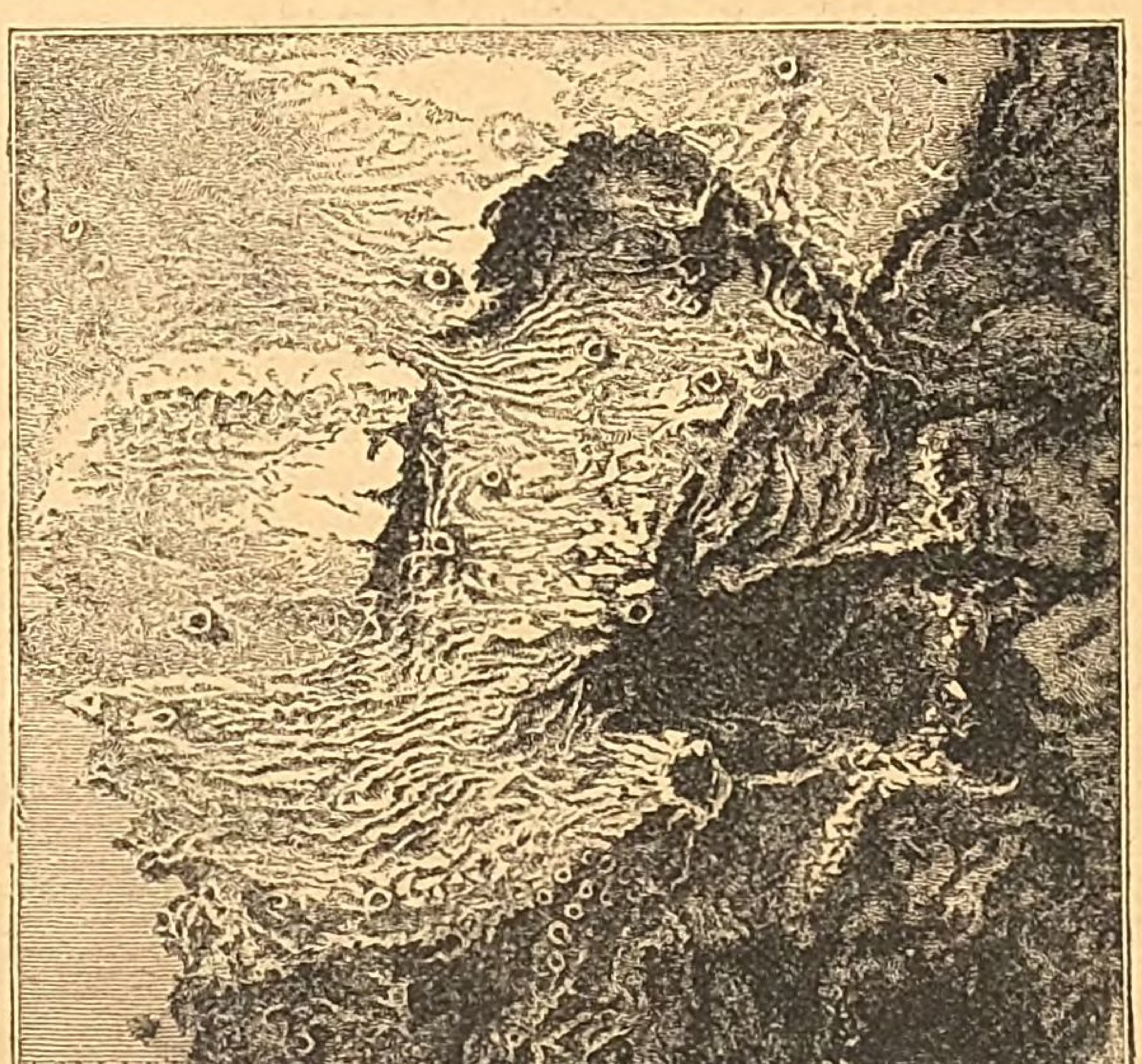
dieser Form seine treibende Kraft zur Geltung bringt. Die Einwirkung des Wassers wird besonders da von bedeutendem Einflusse sein, wo die Vulkane nahe der Meeresküste oder auf Inseln sich erheben, und man glaubt, daß das wiederholt beobachtete Vorkommen von großen Mengen Kochsalz, Chlornatrium, Salzsäure und gasförmigen Schwefelverbindungen in den Auswurfsstoffen der Vulkane auf den Zufluß von Meerwasser zu dem vulkanischen Herde zurückzuführen sei. Daß es der Vulkanismus war, der vor allem auf die Gestaltung der Erdoberfläche Einfluß gewonnen hat, bedarf kaum der besonderen Betonung, denn sicher machten sich seine Einwirkungen schon zu einer Zeit geltend, da die Erdkruste noch lange nicht in solchem Maße abgekühlt war, daß sich das Wasser auf derselben hätte niederschlagen und seine umbildenden mechanischen und chemischen Kräfte in Wirksamkeit



Der Vesuv und die Phlegräischen Felder;
als Mondlandschaft gezeichnet.
(Nach Nasmyth und Carpenter aus Neumayr's „Erdgeschichte".)

hätten treten können. Das „blasige" Aufsteigen von Vulkanen wird zu einer Zeit, in der die Erdrinde noch in ihrer ersten Bildung begriffen war, wohl sehr häufig vorgekommen sein, und die Erdoberfläche wird an manchen Punkten — etwa vom Monde aus gesehen — einen ähnlichen Anblick geboten haben, wie ihn jetzt der Mond bietet. Unsere obenstehende Abbildung giebt eine Ansicht des Vesuv und seiner Umgebung mit ihren zahlreichen Kratern, wie sie bei Sonnenbeleuchtung dem Beobachter auf einem anderen Himmelskörper erscheinen würde. Die Aehnlichkeit mit einer Mondlandschaft fällt auch dem Laien auf den ersten Blick auf, wenngleich der glatte Meeresspiegel auf der wasserlosen Oberfläche unseres Trabanten seinesgleichen nicht findet. Einen ähnlichen Anblick gewährt die Darstellung des Pic Teneriffa aus der Vogelschau. Solche oder ähnliche Gebilde werden sich auf der Erdoberfläche in ihrer Jugendzeit jedenfalls weit häufiger vorgefunden haben als jetzt, und sie sind durch die umbildende Kraft des Wassers und der Luft wahrscheinlich schon

längst zerstört gewesen, ehe unsere jetzt noch thätigen Vulkane entstanden sind. Manche dieser ältesten Vulkane werden auch nach der Bildung der Meere von denselben überflutet oder allmählich infolge einer ausgedehnten Senkung unter dem Meeresspiegel verschwunden sein, wie wir dies an den Koralleninseln der Südsee erkennen können, die nichts weiter sind als die Trümmer von Korallenkronen, die sich auf den Häuptern solcher versunkenen Größen aufgebaut haben. Die Ablagerungen verwitterten Gesteines, die sich auf dem Boden des Meeres in großen Massen ansammelten und daselbst allmählich zu mächtigen Gesteinsschichten sich umbildeten, haben über die Schuttkegel dieser einstigen Krater eine Decke gebreitet, die sich kuppelförmig über denselben auftürmte; wohl mögen auch solche kuppelförmige Erhöhungen durch vulkanische Vorgänge erst in späterer Zeit bewirkt worden und dadurch entstanden sein, daß es — vielleicht infolge des übermächtigen Gegendruckes der auflastenden ungeheuren Massen — eben nur zu einem blasenförmigen Auftreiben, aber nicht zu einem eigentlichen Ausbruche gekommen ist.



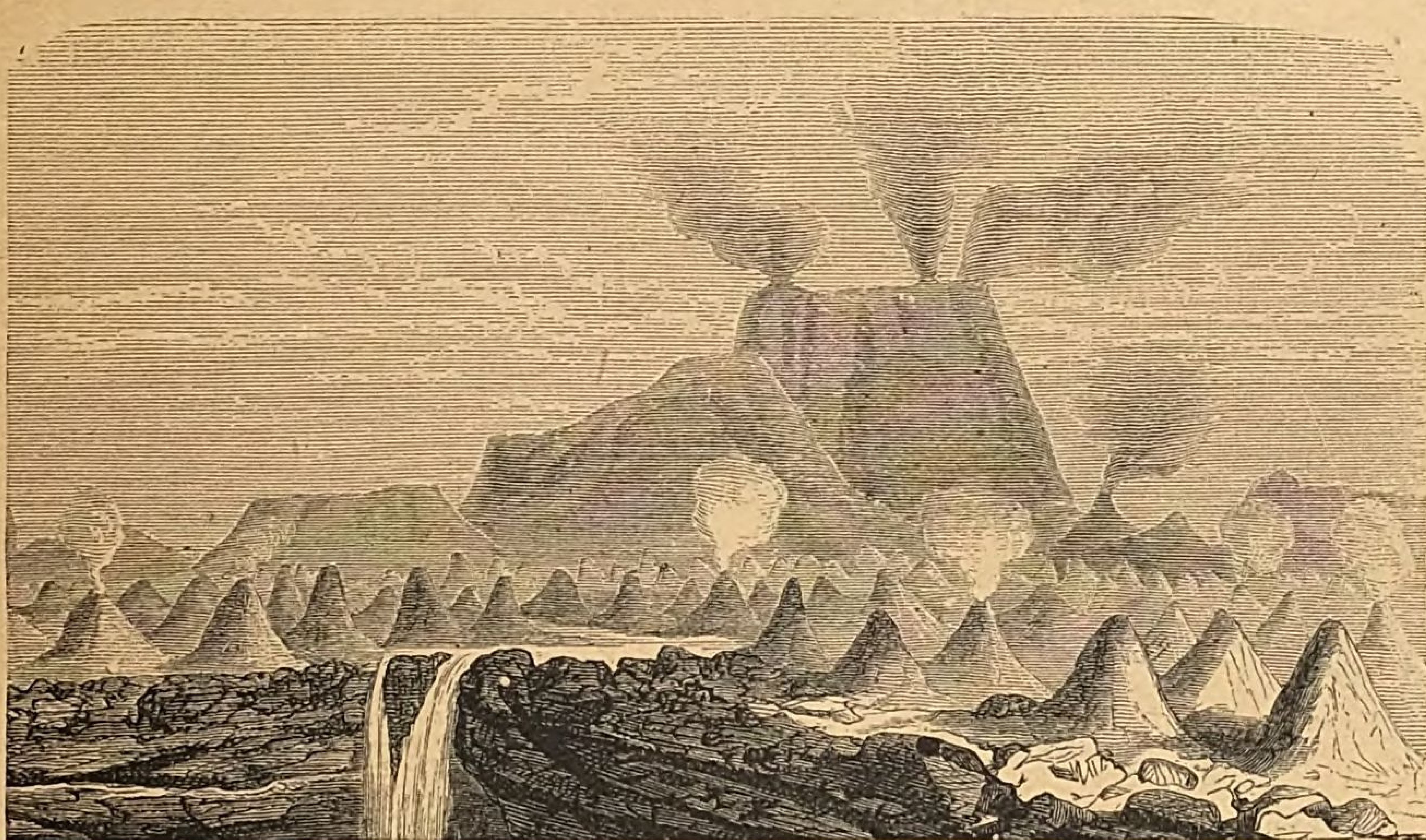
Der Pic Teneriffa
aus der Vogelschau.

Wenn wir aber mit Recht den Vulkanismus als die älteste Ursache der plastischen Gestaltung der Erdoberfläche betrachten, so soll damit keineswegs gesagt sein, daß demselben zugleich auch der wichtigste und umfangreichste Anteil an der Bildung der Erdoberfläche zuerkannt werden soll. Auch sind seine Wirkungen durchaus nicht so gleichförmig, wie dies eine hauptsächlich unter dem Einflusse Humboldts entstandene und unter der Bezeichnung „Erhebungslehre" berühmt gewordene Hypothese annimmt. Dieser Auffassung zufolge wären alle vulkanischen Erhebungen in kürzester Frist entstanden, indem die unterirdischen Kräfte die Erdrinde blasenartig in die Höhe trieben und schließlich am Gipfel dieser Erhöhungen durchbrachen, um der Lava einen Ausgang zu bahnen. Fand ein solcher Durchbruch wirklich statt, so entstand ein Vulkan mit Krater, und dieser Letztere entwickelte sich dann in einer Weise weiter, auf die wir später noch zu sprechen kommen werden; kam es jedoch nicht zum Aufplatzen der Blase, so bildete sich nur ein kuppelförmiger Buckel*). Der Mustervulkan, welcher als typisches Beispiel für diese Erhebungslehre aufgestellt

*) Elie de Beaumont, einer der hervorragendsten Geologen Frankreichs (1798—1874), bildete diese Erhebungslehre zu einem vollständigen System aus, wobei er allerdings der Phantasie allzu freien Spielraum ließ und in eine Anschauungsweise zurückfiel, die der seines Landsmannes Cuvier mit ihren gewaltigen Katastrophen als Zwischenakten der Entwickelungsgeschichte der Erde verwandt war. Nach seiner Annahme erfolgte die Erhebung der großen Gebirgszüge nicht allmählich, sondern mit einem Ruck. Die Erdrinde stellte er sich so dünn vor, daß sie zum Erdkörper in dem gleichen Verhältnis stehen würde, wie die Eierschale zum Ei. Indem nun die Erde im kalten Weltraum dahinrollt, kühlt sich ihr feuerflüssiger Inhalt ab und zieht sich infolgedessen zusammen, die starre Kruste kann aber dem flüssigen Kern hierbei nicht ohne weiteres folgen und es entsteht zwischen diesem und ihr selbst ein leerer Raum, in den die der Unterlage beraubte Kruste hineinstürzt, wobei sie natürlich zerbricht und die Bruchränder sich übereinanderschieben. Die überstehenden Bruchränder bilden nun den Kamm der auf diese Weise neuentstandenen Gebirge. Daß es bei einem

worden ist, ist der **Jorullo** im mexikanischen Staate Michoacan, 1343 m hoch. Alexander von Humboldt, der diesen Berg und seine Umgebung im Jahre 1804 besucht und genau durchforscht hat, schreibt darüber in seinem „Kosmos“:

„In der Reihe der mexikanischen Vulkane ist das größte und seit meiner amerikanischen Reise berufenste Phänomen die Erhebung und der Lavaerguß des neuerschienenen Jorullo. Dieser Vulkan, dessen auf Messungen gegründete Topographie ich zuerst bekannt gemacht habe, bietet durch seine Lage zwischen den beiden Vulkanen von Toluca und Colima und durch seinen Ausbruch auf der großen Spalte vulkanischer Thätigkeit, welche sich vom Atlantischen Meere bis an die Südsee erstreckt, eine wichtige und deshalb um so mehr bestrittene geognostische Erscheinung dar. Dem mächtigen Lavastrome folgend, welchen der neue Vulkan ausgestoßen, ist es mir gelungen, tief in das Innere des Kraters zu gelangen und in demselben Instrumente aufzustellen. Dem Ausbruch in einer weiten, langen, friedlichen Ebene der ehemaligen Provinz Michoacan in der Nacht vom 28. zum 29. September 1759, über dreißig Meilen von jedem anderen Vulkane entfernt, ging seit dem 29. Juni



Der Jorullo.

desselben Jahres, also drei volle Monate lang, ein ununterbrochenes unterirdisches Getöse voraus. Es war dasselbe dadurch von den wunderbaren „Bramidos“ von Guanaxuato*) ver-

---

solchen plötzlichen Zusammenbruche nicht ohne großartige Verheerungen und Umwälzungen abgehen kann, ist selbstverständlich. Nach einem solchen Ereignis tritt nun eine Pause ein, bis bei fortgesetzter Abkühlung der Erde ihr Mantel wieder zu weit wird und ein neuer Zusammenbruch erfolgt. Diese Zusammenbrüche sollen nach Beaumont strenger Gesetzmäßigkeit unterworfen sein und in geometrischen Formen sich vollziehen, wobei alle zu gleicher Zeit entstandenen Gebirgszüge, Spalten, Verwerfungen und Gänge entweder parallel mit einander verlaufen oder senkrecht aufeinanderstehen und die gemeinsame Grundform nach Gesetzen sich bildet, die derjenigen der Krystallbildung entsprechen.

*) „Gebrüllähnliches Getöse“, das A. v. Humboldt in folgender Weise schildert: „Diese berühmte und reiche Bergstadt liegt weit von allen Vulkanen. Das Getöse dauerte seit Mitternacht des 9. Januars 1784 über einen Monat. Es war, als lägen unter den Füßen der Einwohner schwere Gewitterwolken, in denen langsam rollender Donner mit kurzen Donnerschlägen abwechselte. Das Getöse verzog sich, wie es gekommen war, mit abnehmender Stärke. Fast alle Einwohner verließen vor Schrecken die Stadt, in der große Massen Silberbarren angehäuft waren; die mutigen kehrten, an den unterirdischen Donner gewöhnt, zurück und kämpften mit der Räuberbande, welche sich der Schätze bemächtigt hatte. Weder an der Oberfläche der Erde noch in den 1500 Fuß tiefen Gruben war irgend ein leises Erdbeben bemerkbar. In dem ganzen mexikanischen Hochlande ist nie vorher ein ähnliches Geräusch vernommen worden, auch hat in der folgenden Zeit die furchtbare Erscheinung sich nicht wiederholt.“

schieden, daß es, wie es gewöhnlich der Fall ist, von Erdstößen begleitet war, welche der silberreichen Bergstadt im Januar 1784 gänzlich fehlten. Der Ausbruch des neuen Vulkanes um 3 Uhr morgens verkündigte sich tags vorher durch eine Erscheinung, welche bei anderen Eruptionen nicht den Anfang, sondern das Ende zu bezeichnen pflegt. Da, wo gegenwärtig der große Vulkan steht, war ehemals ein dichtes Gebüsch von der ihrer wohlschmeckenden Früchte wegen bei den Eingeborenen so beliebten Guyava. Arbeiter aus den Zuckerrohrfeldern der Hacienda de San Pedro Jorullo, welche dem reichen, damals in Mexiko wohnenden Don Andres Pimentel gehörte, waren ausgegangen, um Guyavafrüchte zu sammeln. Als sie nach der Meierei zurückkehrten, bemerkte man mit Erstaunen, daß ihre großen Strohhüte mit vulkanischer Asche bedeckt waren. Es hatten sich demnach schon in dem, was man jetzt das Malpais nennt, wahrscheinlich am Fuße der hohen Basaltkuppel Cuiche, Spalten geöffnet, welche diese Asche ausstießen, ehe noch in der Ebene sich etwas zu verändern schien. Aus einem in den bischöflichen Archiven von Valladolid aufgefundenen Briefe des Pater Joaquin de Ansogorri, welcher drei Wochen nach dem Tage des ersten Ausbruches geschrieben ist, scheint zu erhellen, daß der Pater Isidoro Molina aus dem Jesuitenkollegium des nahen Patzcuaro, hingesandt, „um den von dem unterirdischen Getöse und den Erdbeben aufs äußerste beunruhigten Bewohnern der Playas de Jorullo geistlichen Trost zu geben", zuerst die zunehmende Gefahr erkannte und dadurch die Rettung der ganzen kleinen Bevölkerung veranlaßte.

In den ersten Stunden der Nacht lag die schwarze Asche schon 32 cm hoch; alles floh gegen die Anhöhen von Aguasarco zu, einem Indianerdörfchen, das 734 m höher als die alte Ebene von Jorullo liegt. Von diesen Anhöhen aus sah man (so geht die Tradition) eine große Strecke Landes in furchtbarem Feuerausbruch, und „mitten zwischen den Flammen (wie sich die ausdrückten, welche das Bergaufsteigen erlebt) erschien, gleich einem schwarzen Kastell, ein großer, unförmiger Klumpen". Bei der geringen Bevölkerung der Gegend (die Indigo- und Baumwollenkultur war damals nur sehr schwach betrieben) hat selbst die Stärke langdauernder Erdbeben kein Menschenleben gekostet, obgleich durch dieselben, wie ich aus handschriftlichen Nachrichten ersehen, bei den Kupfergruben von Inguaran, in dem Städtchen Patzcuaro, in Santiago de Ario und viele Meilen weiter, doch nicht über S. Pedro Churumuco hinaus, Häuser umgestürzt worden waren. In der Hacienda de Jorullo hatte man bei der allgemeinen nächtlichen Flucht einen taubstummen Negersklaven mitzunehmen vergessen. Ein Mestize hatte die Menschlichkeit, umzukehren und ihn, als die Wohnung noch stand, zu retten. Man erzählt gern noch heute, daß man ihn knieend, eine geweihte Kerze in der Hand, vor dem Bilde de Nuestra Senora de Guadalupe gefunden habe.

Nach der weit und übereinstimmend unter den Eingeborenen verbreiteten Tradition soll in den ersten Tagen der Ausbruch von großen Felsmassen, Schlacken, Sand und Asche immer auch von einem Erguß von schlammigem Wasser verbunden gewesen sein. Alle Augenzeugen erzählen (ich übersetze aus der Beschreibung, welche der Intendant Oberst Riano und der deutsche Bergkommissar Franz Fischer, der in spanische Dienste getreten war, über den Zustand des Vulkanes von Jorullo am 10. März 1789 geliefert haben), „daß, ehe der furchtbare Berg erschien, die Erdstöße und das unterirdische Getöse sich häuften, am Tage des Ausbruches selbst aber der flache Boden sich sichtbar senkrecht erhob und das Ganze sich mehr oder weniger aufblähte, so daß Blasen erschienen, deren größte heute der Vulkan ist. Diese aufgetriebenen Blasen von sehr verschiedenem Umfang und zum Teil ziemlich regelmäßiger, konischer Gestalt, platzten später und stießen aus ihren Mündungen kochend heißen Erdschlamm wie verschlackte Steinmassen aus, die man, mit schwarzen Steinmassen bedeckt, noch bis in ungeheure Ferne auffindet." Diese historischen Nachrichten, die man freilich ausführlicher wünschte, stimmen vollkommen mit dem überein, was ich aus dem Munde der Eingeborenen 14 Jahre nach der Besteigung des Antonio de Riano vernahm. Auf die Fragen, ob man „das Bergkastell" nach Monaten oder Jahren sich allmählich habe erhöhen sehen, oder ob es gleich in den ersten Tagen schon als

ein hoher Gipfel erschienen sei, war keine Antwort zu erhalten. Rianos Behauptung, daß Eruptionen noch in den ersten 16 bis 17 Jahren vorgefallen wären, also bis 1776, wurde als unwahr geleugnet. Die Erscheinungen von kleinen Wasser- und Schlammausbrüchen, die in den ersten Tagen gleichzeitig mit glühenden Schlacken bemerkt wurden, werden nach der Sage dem Versiegen zweier Bäche zugeschrieben, welche, an dem westlichen Abhange des Gebirges von Santa Ines, also östlich vom Cerro de Cuiche, entspringend, die Zuckerrohrfelder der ehemaligen Hacienda de San Pedro de Jorullo reichlich bewässerten und weit im Westen nach der Hacienda de la Presentacion fortströmten. Man zeigt noch nahe bei ihrem Ursprunge den Punkt, wo sie in einer Kluft mit ihren einst kalten Wassern bei Erhebung des östlichen Randes des Malpais verschwunden sind. Unter den Hornitos (Nebenausbruchskegeln) weglaufend, erscheinen sie (das ist die allgemeine Meinung der Landleute) erwärmt als zwei Thermalquellen wieder. Da der gehobene Teil des Malpais dort fast senkrecht gestürzt ist, so bilden sie die zwei kleinen Wasserfälle, die ich gesehen und in meiner Zeichnung aufgenommen habe. Jedem derselben ist der frühere Name, Rio de San Pedro und Rio de Cuitimba, erhalten worden. Ich habe an diesem Punkte die Temperatur der dampfenden Wasser = 52,7 Grad gefunden. Die Wasser sind auf ihrem langen Wege nur erwärmt aber nicht gesäuert worden. Die Reaktivpapiere*), welche ich die Gewohnheit hatte, mit mir zu führen, erlitten keine Veränderung, aber weiterhin, nahe bei der Hacienda de la Presentacion, gegen die Sierra de las Canoas zu, sprudelt eine mit geschwefeltem Wasserstoffgas geschwängerte Quelle, die ein Becken von 6,5 m Breite bildet. Der eigentliche Vulkan von Jorullo und die fünf anderen Berge, die sich mit ihm zugleich und auf einer Spalte erhoben haben, liegen so, daß nur ein kleiner Teil des Malpais östlich von ihnen fällt. Das Haus, das wir bewohnten, stand nur ungefähr 974 m von dem Rande des Malpais ab. Es fand sich dort ein kleiner senkrechter Absturz von kaum 4 m Höhe, von welchem die heiß gewordenen Wasser des Baches (Rio de San Pedro) herabfallen. Was ich dort am Absturz von dem inneren Bau des Erdreiches untersuchen konnte, zeigte schwarze, horizontale Lettenschichten mit Sand (Rapilli**) gemengt. An anderen Punkten, die ich nicht gesehen, hat Burkart „an der senkrechten Bekränzung des erhobenen Bodens, wo dieser schwer zu ersteigen ist, einen lichtgrauen, wenig dichten (verwitterten) Basalt mit vielen Körnern von Olivin" beobachtet. Dieser genaue und erfahrene Beobachter hat aber an Ort und Stelle, ganz wie ich, die Ansicht von einer durch elastische Dämpfe bewirkten, blasenförmigen Hebung der Erdoberfläche gefaßt, entgegengesetzt der Meinung berühmter Geognosten, welche die Konvexität, die ich durch unmittelbare Messung gefunden, allein dem stärkeren Lavaerguß am Fuße des Vulkanes zuschreiben.

Die vielen Tausende der Auswurfskegel (eigentlich mehr rundlicher oder etwas verlängerter, backofenartiger Form, auch **Hornitos** genannt), welche die gehobene Fläche ziemlich gleichmäßig bedecken, sind im Mittel von 1,3 bis 3 m Höhe. Sie sind fast allein auf der westlichen Seite des großen Vulkanes emporgestiegen, da ohnedies der östliche Teil gegen den Cerro de Cuiche hin kaum $^1/_{25}$ des Areals der ganzen blasenförmigen Hebung der Playas ausmacht. Jeder der vielen Hornitos ist aus verwitterten Basaltkugeln zusammengesetzt mit konzentrisch schalig abgesonderten Stücken; ich konnte oft 24 bis 28 solcher Schalen zählen. Die Kugeln sind etwas sphäroidisch abgeplattet und haben meist 40 bis 47 cm im Durchmesser, variieren aber auch von 0,3 bis 1 m. Die schwarze Basaltmasse ist von heißen Dämpfen durchdrungen und erdig aufgelöst; doch der Kern ist dichter, während die Schalen, wenn man sie ablöst, gelbe Flecken oxydierten Eisens zeigen. Auch die weiche

---

*) **Reaktivpapiere** dienen dem Chemiker zum Nachweis von Säuren und Alkalien in den zu prüfenden Stoffen. Zu nennen ist namentlich das blaue Lackmuspapier, das sich sofort rot färbt, wenn es mit einem Stoff in Berührung kommt, der auch nur eine Spur von freien Säuren enthält, wogegen Alkalien ihm seine ursprüngliche Farbe wiedergeben.

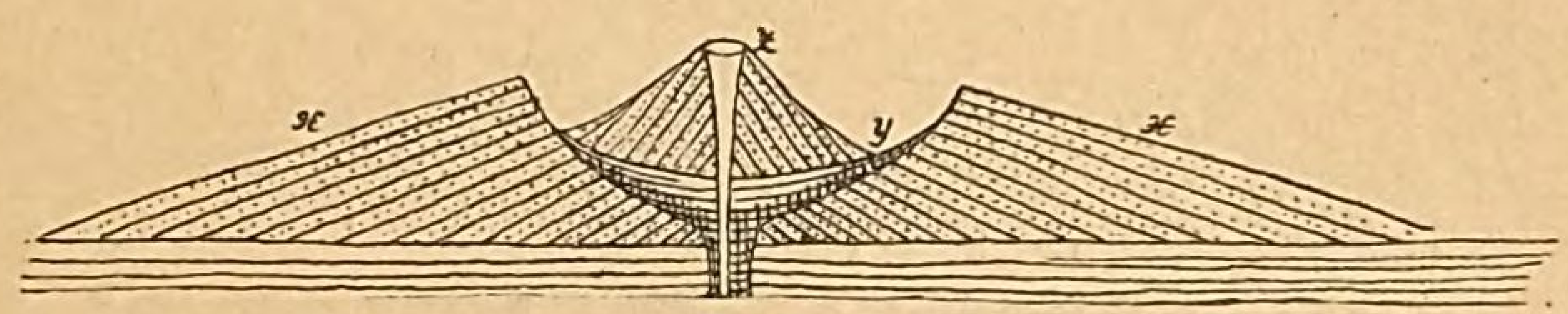
) **Rapilli oder **Lapilli** nennt man die durch Gas- und Dampfentwicklung während des Ausbruches der Lava zerstäubten Teilchen derselben, die dann als Asche, Sand oder Schlackenbröckchen zur Erde fallen.

Lettmasse, welche die Kugeln verbindet, ist, sonderbar genug, in gekrümmte Lamellen geteilt, die sich durch die Zwischenräume der Kugeln durchwinden. Ich habe mich bei dem ersten Anblick gefragt, ob das Ganze statt verwitterter, sparsam olivinhaltiger Basaltkugeln nicht vielleicht in der Ausbildung begriffene, aber gestörte Massen darböte. Es spricht dagegen die Analogie der wirklichen, mit Thon- und Mergelschichten gemengten Kugelbasalthügel, welche oft von sehr kleinen Dimensionen im Böhmischen Mittelgebirge, teils isoliert, teils lange Basaltrücken an beiden Extremen krönend, gefunden werden. Einige der Hornitos sind aufgelöst oder haben so große innere Höhlungen, daß Maultiere, wenn man sie zwingt, die Vorderfüße auf die flächeren zu setzen, tief einsinken, wogegen bei ähnlichen Versuchen, die ich machte, die Hügel, welche die Termiten aufbauen, widerstanden.

In der Basaltmasse der Hornitos habe ich keine Schlacken oder Fragmente älterer durchbrochener Gebirgsarten, wie in den Laven des großen Jorullo, eingebacken gefunden. Was die Benennung Hornos oder Hornitos besonders rechtfertigt, ist der Umstand, daß in jedem derselben (ich rede von der Epoche, wo ich die Playas de Jorullo durchwanderte und mein Journal niederschrieb, 18. September 1803), die Rauchsäulen nicht aus dem Gipfel, sondern seitswärts ausbrechen. Im Jahre 1780 konnte man noch Cigarren anzünden, wenn man sie, an einen Stab befestigt, 5 bis 8 cm eingrub; in einigen Gegenden war damals durch die Nähe der Hornitos die Luft so erhitzt, daß man Umwege machen mußte, um das Ziel, das man sich vorgesetzt, zu erreichen. Ich fand trotz der Erkaltung, welche nach dem allgemeinen Zeugnis der Indianer die Gegend seit zwanzig Jahren erlitten hatte, in den Spalten der Hornitos meist 93 und 95 Grad C.; 6,5 m von einigen Hügeln hatte die umgebende Luft, da, wo keine Dämpfe mich berührten, noch eine Temperatur von 42,5 Grad und 46,8 Grad, wenn die eigentliche Lufttemperatur der Playas zu derselben Stunde kaum 25 Grad war. Die schwach schwefelsauren Dämpfe entfärbten reagierende Papierstreifen und erhoben sich einige Stunden nach Sonnenaufgang sichtbar bis 19,5 m Höhe. An einem frühen, kühlen Morgen ist der Anblick der Rauchsäulen am merkwürdigsten. Gegen Mittag, ja schon nach 11 Uhr, sind sie ganz erniedrigt und nur in der Nähe sichtbar. Im Innern von mehreren der Hornitos hörten wir Geräusch, wie Sturz von Wasser. Die kleinen basaltischen Backöfen sind, wie schon oben bemerkt worden ist, leicht zerstörbare Gebäude. Als Burkart 24 Jahre nach mir das Malpais besuchte, fand er keinen der Hornitos mehr rauchend; ihre Temperatur war bei den meisten die der umgebenden Luft, und viele hatten alle Regelmäßigkeit der Gestalt durch Regengüsse und meteorische Einflüsse verloren. Dem Hauptvulkan nahe fand Burkart kleine Kegel, die aus einem braunroten Konglomerate von abgerundeten oder eckigen Lavastücken zusammengesetzt waren und nur locker zusammenhingen. Mitten in dem erhabenen, von Hornitos bedeckten Areal sieht man noch ein Ueberbleibsel der alten Erhöhung, an welche die Gebäude der Meierei San Pedro angelehnt waren. Der Hügel bildet einen Rücken, welcher von Osten nach Westen gerichtet ist, und seine Erhaltung an dem Fuße des großen Vulkanes erregt Erstaunen. Nur ein Teil ist mit dichtem Sande bedeckt. Die hervorstehende Basaltklippe, mit uralten Stämmen von Ficus indica und Psidium bewachsen, ist gewiß, wie die des Cerro del Mirador und der hohen Gebirgsmassen, welche die Ebene im Osten bogenförmig begrenzen, als der Katastrophe präexistierend zu betrachten."

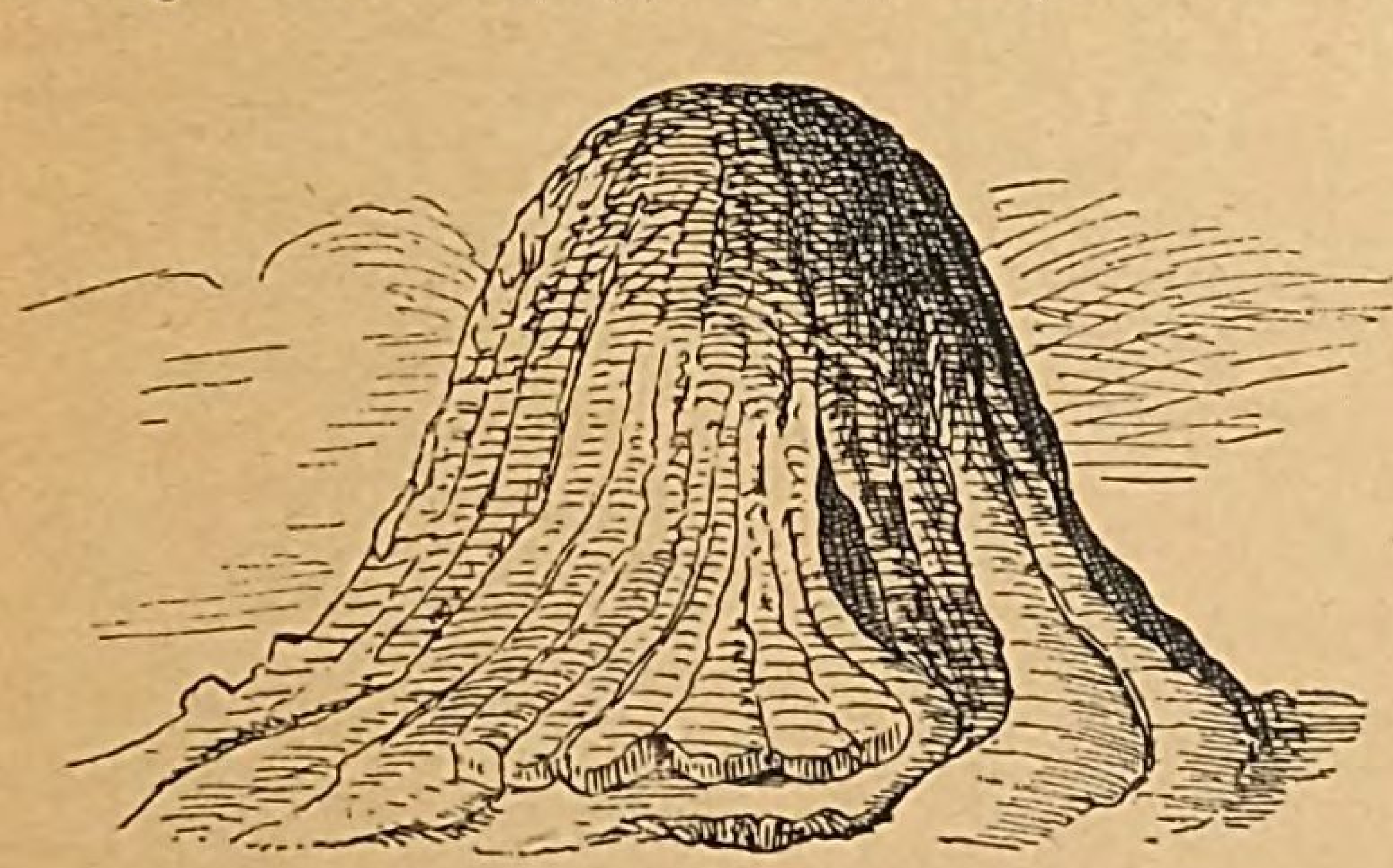
Soweit der Bericht Humboldts, welchem beizufügen ist, daß sich der Jorullo samt seinen zahllosen Hornitos nur etwa ein Jahrzehnt in Thätigkeit erhalten hat. Der Jorullo ist später von dem Genfer Gelehrten Henry de Saussure, dem Großneffen des berühmten Erforschers der Alpen, genau studiert worden, und dieser erklärte es als zweifellos, daß eine Erhebung der Erdschichten in Blasenform, wie Humboldt dieselbe vorausgesetzt hat, hier keineswegs stattgefunden habe, sondern nur ein gewöhnlicher vulkanischer Ausbruch, infolgedessen sich auf einer von Nord nach Süd gerichteten Spalte in einer Tiefebene, oder richtiger gesagt in einem Thale, fünf Krater geöffnet hatten; über jedem derselben bildete sich infolge beständiger Aschenausbrüche ein Auswurfskegel, und aus allen diesen Kratern, besonders aber aus dem eigentlichen Jorullo, der die Mitte derselben bildete, ergossen sich

reichliche Ströme einer unvollständig geschmolzenen basaltischen Lava, die sich, an der Ausbreitung oder dem Ausflusse in ausgedehnten Strecken gehindert, zu einer hohen Plattform auftürmte, wie wir sie aus Humboldts Schilderung als das sogenannte Malpais kennen gelernt haben. Der letzte Lavaausbruch erfolgte durch den eingestürzten Krater des Jorullo selbst und erstarrte zu einer Art von Vorgebirge, das sich noch an den Krater anlehnt, wie die Abbildung auf S. 243 zeigt, während sein Fuß mit den Laven des Malpais sich vermengt. In dieser letzten Zeit der Thätigkeit des Jorullo fanden bedeutende Ausbrüche von schwarzer Asche statt, und die Schlackenhügel, die sich über den Fumarolen*) des Lavastromes erhoben, wurden durch diese Ausbrüche mit einer fast meterhohen Schicht bedeckt, die dann später jene Erhöhungen von gewölbter oder kegelförmiger Gestalt bildeten, die wir als „Hornitos" aus Humboldts Beschreibung kennen.



Schematischer Querschnitt eines Vulkans.

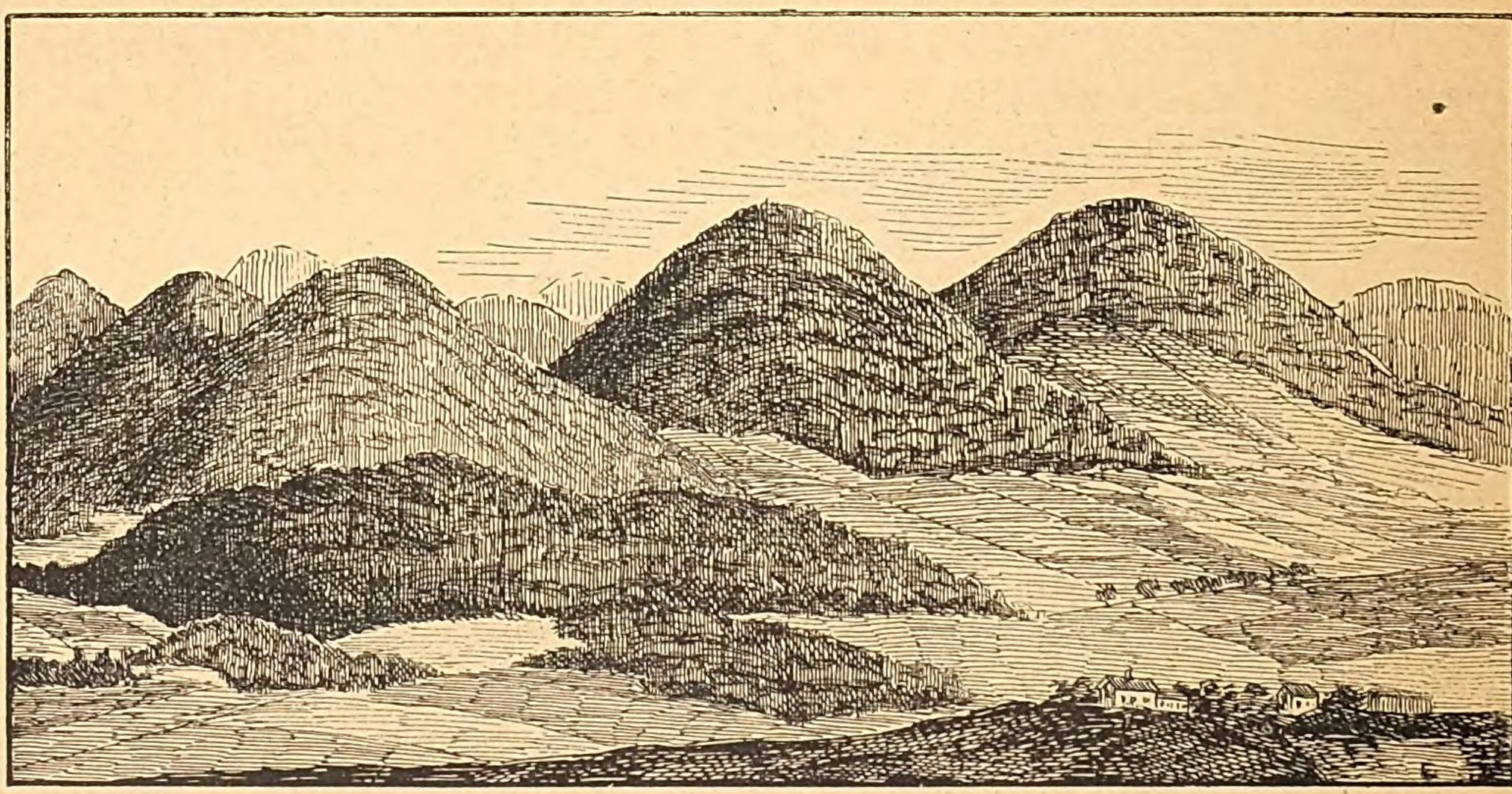
Bevor wir nun auf die Schilderung einiger der bedeutendsten Vulkane übergehen, wollen wir uns ein Bild von der allgemeinen Natur derselben zu machen suchen. Die obenstehende schematische Darstellung des Querschnittes eines älteren Vulkanes zeigt uns die wichtigsten Teile desselben nach H. Credner. Wir sehen hier zunächst den unmittelbar durch den Untergrund ohne Emporwölbung desselben an der Erdoberfläche ausbrechenden Kanal, durch den die feuerflüssigen Massen aus der Tiefe emporgestiegen sind und um die Kanalmündung herum sich angehäuft haben. Die mit x bezeichneten Teile des Querschnittes zeigen uns den Ringwall des Kraters mit seinen schichtenförmigen Ablagerungen und dessen ursprünglicher Aushöhlung, die sich dann später (bei y) ausgefüllt und ausgeebnet hat, wozu als Material der Schutt von den inneren Wänden des Kraters diente; z stellt einen neuen Eruptions- oder Ausbruchskegel dar, welchen der Kanal bis zu seiner Spitze durchdringt. Der ursprüngliche Kanal eines Vulkans reicht aber bei heftigeren Ausbrüchen oder wenn er durch die in ihn zurückgestürzte oder in ihm zurückgebliebene Auswurfsmasse verengt oder verstopft wird, nicht aus, um den emporgedrängten Massen Ausgang zu gewähren; es entstehen Nebenkrater oder Eruptionsschlünde an den Flanken des Vulkanes, der ursprüngliche Kanal wird verschoben, erstarrte Rückstände älterer Lava werden in gewaltigen Trümmern losgerissen und emporgeschleudert, im Innern des Berggipfels entstehen beträchtliche Erweiterungen des Hohlraumes und schließlich bricht derselbe völlig in sich zusammen. Auf diese Weise bilden sich die sogenannten Einsturzkrater, deren Merkmal der schon erwähnte Ringwall bildet. Oeffnet sich auf dem Grunde eines solchen Einsturzkraters aufs neue ein Schlund, dessen Auswurfsmasse wieder einen Kegel bildet, so entsteht ein zusammengesetzter Vulkan. Es kommt aber auch vor, daß zähflüssige Lava über der Ausbruchsstelle aufgeworfen wird und erstarrend einen Kegel über derselben bildet, wie dies unsere obenstehende Abbildung zeigt. Dieselbe stellt einen glockenförmigen Lavaturm dar, der sich


Glockenförmige Lavakuppe.

*) Fumarolen, ein italienisches, von „fumo" (Rauch) abgeleitetes Wort, bezeichnet die Ausströmungen von reinem oder mit Gasen gemischtem Wasserdampf, die aus Rissen oder anderen Oeffnungen des Bodens in vulkanischen Gegenden hervorbrechen. Auch die Dampfstrahlen, die aus den Kraterwänden oder aus Klüften noch nicht völlig erstarrter Lava hervorbrechen, werden Fumarolen genannt.

auf der Insel Bourbon im Indischen Ocean über einer Ausbruchsstelle infolge des außerordentlich trägen Ausfließens der Lava gebildet hat. Das Bild, das wir hier im Kleinen geben, wiederholt sich im Großen in den zahlreichen kegel- oder glockenförmigen Bergen, die sich in Deutschland, Böhmen, Mittel-Frankreich und anderen Ländern vorfinden.

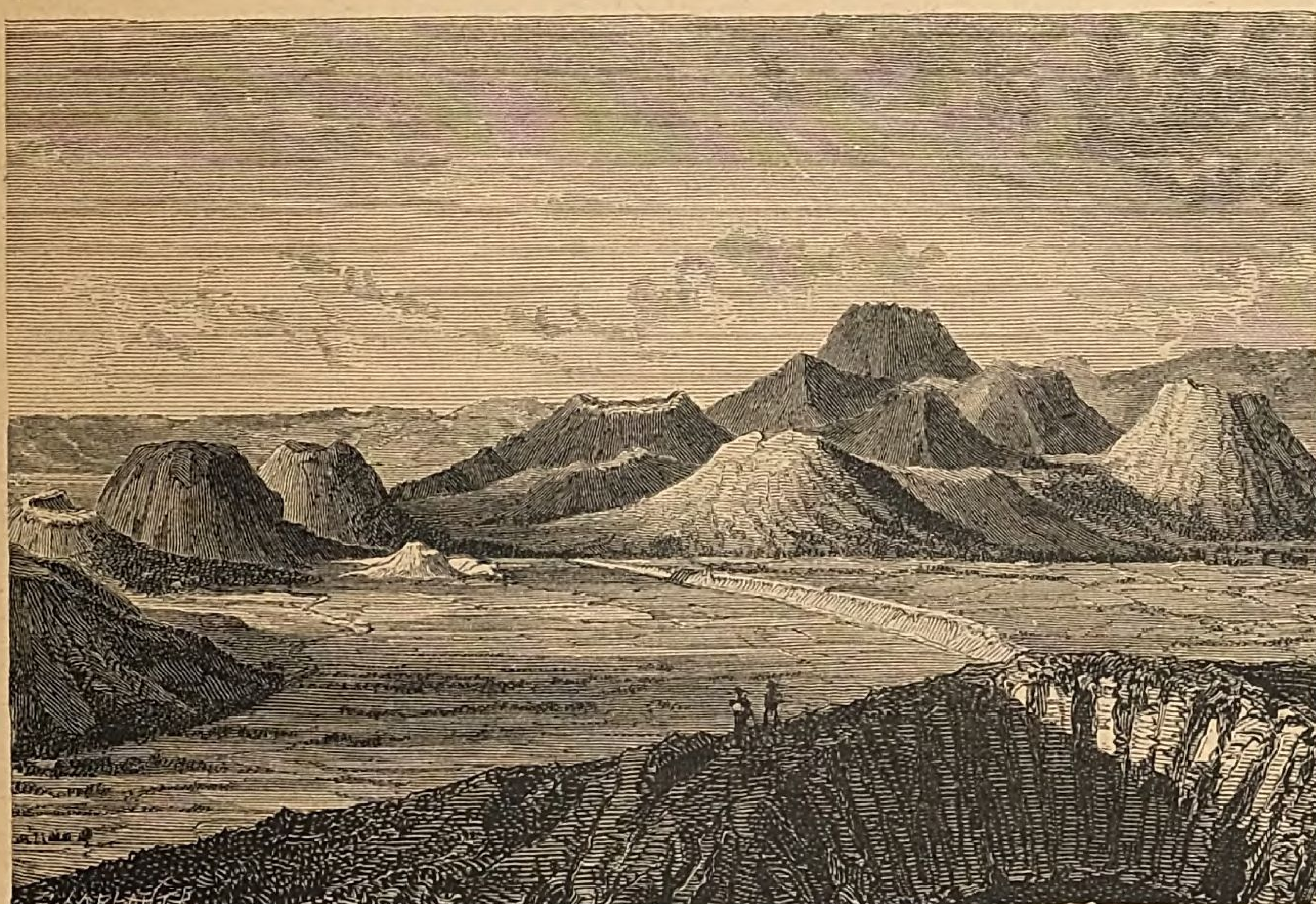
Ein in die Augen fallendes Beispiel hiervon sind die Porphyr-Kuppen der Braunauer Berge, die ihre glockenähnliche Gestalt trotz ihrer Ueberkleidung mit einem aus weit jüngerer Zeit herrührenden Materiale deutlich beibehalten haben. Die Entstehung solcher Erdformen kann man sich auch in der Weise vorstellen, daß sich in dem Hohlraume eines älteren Vulkanes zähflüssige Lava ansammelt und erstarrt, durch spätere Abspülung des äußeren Schlackenmantels aber frei gelegt wird, so daß nur der glockenähnliche Lavakegel selbst übrig bleibt. Sehen wir in diesen sogenannten „Homogenen Vulkanen" eine sekundäre, d. h. erst mittelbar, in zweiter Linie entstandene vulkanische Bildung, so finden wir auch auf europäischem Boden Landschaften genug, die primäre, d. h. ursprüngliche Vulkanbildungen aufweisen, obgleich hier von einer vulkanischen Thätigkeit längst nicht



Porphyr-Kuppen in den Braunauer Bergen.

mehr die Rede sein kann. So zeigt unser deutsches Eifelgebirge zahlreiche große oder kleine, teils regelrecht geformte, teils nur noch in zerklüfteten Wänden erhaltene Krater und daneben auch viele Seen, die man als Kraterseen bezeichnet und durch heftige Ausbrüche entstanden glaubt, durch die eine größere Bodenfläche emporgeworfen wurde, so daß hier eine umfangreiche Aushöhlung entstand, die sich dann mit Wasser füllte. Im Eifelgebiete finden sich, wie der Mineraloge J. N. von Fuchs (1774—1856) festgestellt hat, solche Kraterseen in allen Entwickelungsstufen vor. Einige von ihnen sind gänzlich in altes Schichtengestein eingebettet, andere haben einen etwas erhöhten Rand, der aus Tuffstein und Schlacken gebildet ist, wenngleich die Ufer des Beckens auch aus Thonschiefer bestehen. Einige dieser Seen oder Maare, wie das Pulver-, Gillenfelder- und Weinfelder-Maar, sind vollständig geschlossen, andere haben eine einzige Oeffnung, durch die das Wasser abläuft. Noch andere haben sowohl Zu- als auch Ablauföffnungen. Sind Maare mit Wasser gefüllt, so bilden sie reizende kleine Seen, im andern Falle erscheinen sie ausgedorrt und ihr Grund ist von Torflagern erfüllt. Das größte dieser Maare ist der Laacher See, dessen Wasserspiegel eine Fläche von 340 ha bedeckt und der eine Tiefe bis zu 60 m erreicht; die Umgebung dieses Sees schließt auf einer Fläche von ungefähr 200 km nicht weniger als

31 vulkanische Kegel in sich. Elisée Reclus schreibt hierüber: „Auf 7 oder 8 km rings um den See erheben sich 31 Vulkane mit Kratern von sehr ausgeprägter Form, aber das Becken, das die blauen Gewässer dieses Sees umfängt, ist keine eigentliche Kraterhöhlung, wie man dies früher voraussetzte, denn das Gestein, aus dem es gebildet ist, besteht teilweise aus schieferartigen Ablagerungen, die niemals der Einwirkung des Feuers unterworfen waren; nichtsdestoweniger sind sicherlich zur Zeit des Ausbruches, durch den der See entstanden ist, Asche, Bomben*) und andere vulkanische Materien dort ausgeworfen worden, denn man findet sie in großer Menge über die Abhänge der Umgebung gestreut. Zahlreiche kohlensaure Quellen, die aus dem Grunde des Sees und aus den Seitenthälern der Umgebung hervorsprudeln, bezeugen noch jetzt eine gewisse vulkanische Thätigkeit.“ Trümmer von Bimsstein finden sich nicht nur in der Nachbarschaft des Laacher Sees auf dem linken Rheinufer, sondern auch in den Feldern, die sich gegen Osten ausbreiten, und bis nach



Vulkanische Landschaft in Frankreich.

Marburg hin auf mehr als 100 km Entfernung. Auch ist zu bemerken, daß im Eifelgebiete Erdbeben sehr häufig sind.

Nicht minder charakteristisch sind die vulkanischen Gebilde, die in Mittel-Frankreich häufig vorkommen.

Unsere Abbildung zeigt die Kette der sogenannten Dômes in der Auvergne, in der wir wohlerhaltene Krater-, Ringwall- und homogene Vulkanformen in reicher Zahl vertreten finden. Die Thätigkeit der zahlreichen Krater, welche die doppelte Kette der Dômes oder „Puys“ (Benennung der abgestumpften Kegelberge erloschener Vulkane in den Pyrenäen und dem französischen Centralplateau) bilden, ist seit lange erloschen, aber die Spuren, die sie zurückgelassen haben, sind in unauslöschlichen und unbestreitbaren Zügen dem Aeußern der ganzen Gegend aufgeprägt. Nach Lecoq, der die vulkanischen Gebiete Mittel-Frankreichs gründlich studiert hat, sind dieselben nach der Zeit ihrer Entstehung in drei Gruppen

*) Vulkanische Bomben sind geschmolzene Lavastücke, die, in die Luft geschleudert, während ihres Fluges erstarren und infolge ihrer rotierenden Bewegung eine spiralig gedrehte Form annehmen.

zu unterscheiden, von denen die trachytischen (feldspat- und kieselsäurehaltigen) die ältesten, die basaltischen die jüngeren und die aus Lavaergüssen bestehenden die jüngsten sind. Wie Lecoq schreibt, nötigt sich uns die Ueberzeugung auf, daß die ersten vulkanischen Ausbrüche, die hier eintraten, feinkörnige Massen, Asche, Steintrümmer und ein Gemenge anderer Stoffe zu Tage gefördert haben, und daß zur Zeit solcher Ausbrüche die Luft während einiger Zeit verdunkelt gewesen sein muß, daß aber dann Gewitterregen in wahrhaften Wildbächen niedergestürzt sein und diese Massen in die Thäler hinabgeschwemmt haben müsse, die sie ausfüllten. Geschmolzener Trachyt ergoß sich in breiten Fällen über dieses Gemengsel und bewahrte es vor der späteren Zersetzung und Verwitterung, und auf diesen alten Lavabändern hat sich der landwirtschaftliche Reichtum des Mont-Dore und des Cantal entwickelt. Mächtige Gänge haben sich zwischen diese verschiedenen vulkanischen Produkte hineingezogen, die einen derselben zerstört, die anderen befestigt, überall aber eine beträchtliche Erhebung des ursprünglichen französischen Centralplateaus zur Folge gehabt. Bevor die trachytischen Ergüsse ihr Ende erreicht hatten, drängten Ströme basaltischer Massen gegen die bereits festgewordene Rinde, die sie emporhoben und so die ältesten Krater bildeten, oder dort, wo sie sich nicht nach außen ergießen konnten, glockenähnliche Erhöhungen hervorbrachten. Diese basaltischen Bildungen sind über das ganze französische Centralplateau verbreitet und erstrecken sich rings um den Cantal und den Mont-Dore. Sie sind, wie Lecoq schreibt, ebenso mannigfaltig wie die Umstände, unter denen sie erstarrten; man findet hier Prismen, Ballen, Tafeln, wie sie in Irland und auf den basaltischen Inseln Schottlands nicht auffallender und großartiger gefunden werden können. Auf diese beiden Formationen folgte dann die Entstehung der zahlreichen „Puys“, die sich an verschiedenen Punkten des französischen Centralplateaus erheben.

Von den vulkanischen Auswurfsmassen sind diejenigen, denen die meiste Beachtung zukommt, die Lavaströme. Der Flüssigkeitszustand, in welchem sie sich befinden, ist ein sehr verschiedener, doch zeigen sie stets eine zähe Beschaffenheit. Wie Neumayr hervorhebt, ist die Konsistenz der dünnflüssigsten Lavaströme derjenigen des Honigs zu vergleichen, meistens hängt aber die Materie viel zäher in sich zusammen und es bedarf in der Regel einer bedeutenden Kraftanstrengung, wenn man einen Stock in dieselbe hineinstoßen will; das auf solche Weise entstandene kleine Loch erhält sich oft stundenlang, bevor es sich wieder schließt. Auch halbflüssiger Mörtel ist zum Vergleich herangezogen worden, um den Flüssigkeitszustand mancher Lavaströme zu veranschaulichen, und es scheint, daß mitunter nicht die ganze Masse geschmolzen ist, sondern aus Blöcken gebildet wird, die nur von einem flüssigen Brei eingehüllt sind. Je nach dem Flüssigkeitszustand und der Abschüssigkeit des Bodens, über den die Lavaströme sich hinwälzen, ist natürlicherweise auch die Geschwindigkeit ihrer Fortbewegung eine sehr verschiedene. Manchmal ist sie sehr bedeutend; so legte ein Lavastrom, der am 12. August 1805 dem Vesuv entquoll, in den ersten 4 Minuten eine Strecke von $5^1/_2$ km zurück. Solche Geschwindigkeiten gehören aber zu den Ausnahmen; am Aetna betrachtet man eine Fortbewegung der Lava von 1 km in zwei bis drei Stunden als rasch, und in der Regel ist dieselbe viel langsamer und wird nach nicht allzu langer Zeit so träge, daß die Lava noch nicht 1 m in der Stunde vorrückt.

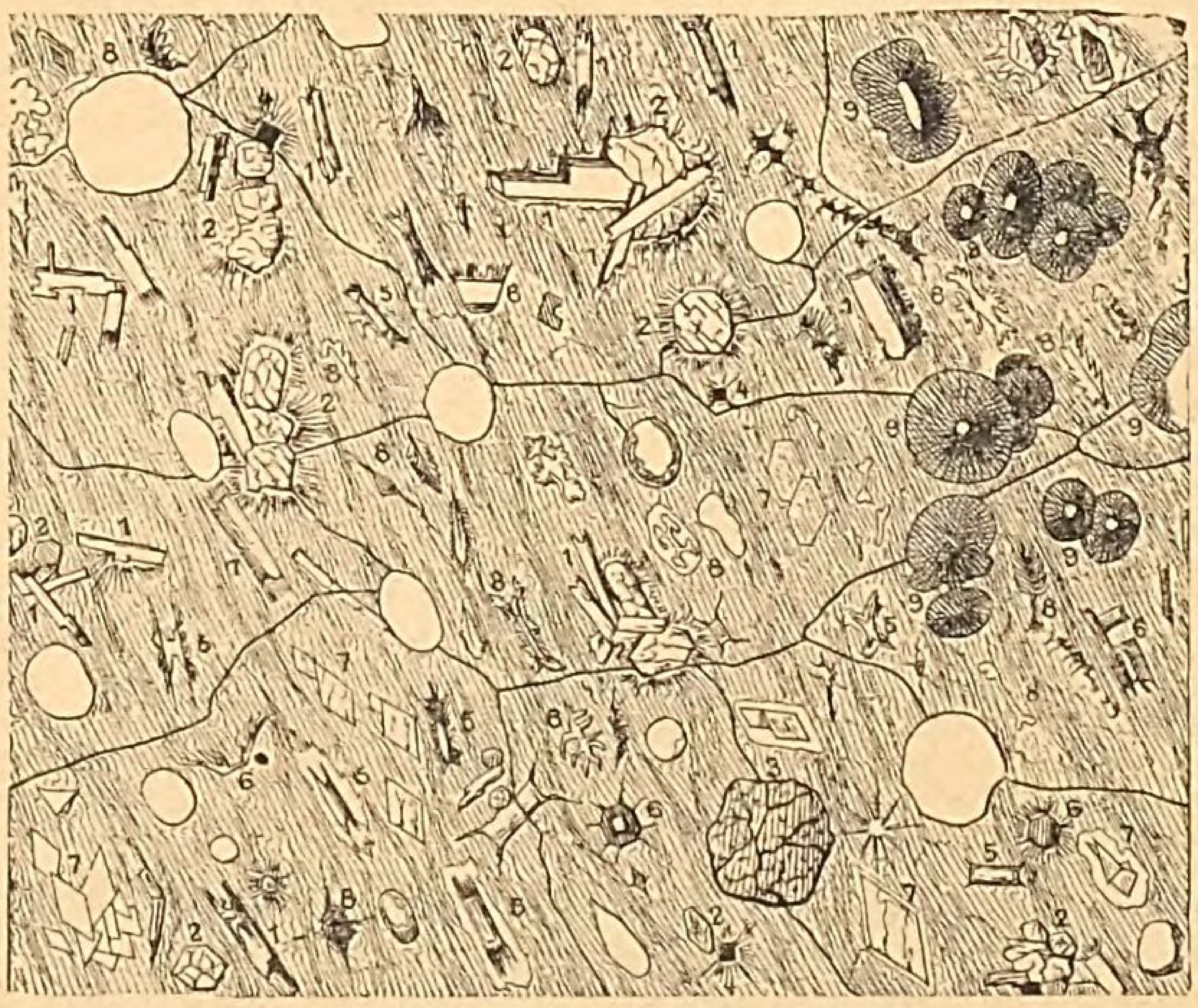
Beim Ausströmen aus dem Krater ist die Lava in der Regel im Zustande heller Weißglut und beharrt in demselben in ihren inneren Schichten noch längere Zeit, wogegen sie sich an der Außenseite rasch abkühlt und mit einer Kruste von schlackiger Masse überzieht, die sich wie ein Schlauch um die flüssige Masse herumlegt und dieser gewissermaßen als Abflußkanal dient. Auch an der Mündungsstelle bildet sich eine starre Rinde, die aber durch die Wucht des nachrückenden Stromes niedergedrückt wird, so daß die Lava darüber wegläuft und an ihrem vorderen Ende neuerdings Schlacken bildet, wobei die hinteren über die vorderen hinwegrollen. Durch die Zusammenziehung der erstarrenden Massen und die Reibung der einzelnen Teile derselben gegen einander entsteht ein eigentümliches knisterndes oder kochendes Geräusch von metallischer Klangfarbe. In der Decke des Lava-

stromes entstehen oft Risse, durch die flüssige Masse hervorquillt und zu Blöcken erstarrt, die sich dann wie die Schollen beim Eisgange unserer Ströme wild übereinander türmen und gewaltige Massen sogenannter Blocklava bilden. Zerbricht die Decke eines Lavastromes nicht in Schollen, so bilden sich an ihrer Oberfläche Auftreibungen und Windungen von absonderlichster Form, und derartige Lavamassen werden ihres Aussehens halber Gekröse-Lava genannt.

Die Zusammensetzung der Lava ist im Allgemeinen ganz dieselbe wie diejenige der sogenannten Eruptivgesteine, d. h. derjenigen Felsarten, die aus dem Erdinnern an die Oberfläche gelangt sind und sich dort unmittelbar abgelagert haben, im Gegensatze zu den sedimentären oder Schichtengesteinen, die ein sekundäres Gebilde aus einem Materiale darstellen, das, durch die mechanische und chemische Einwirkung des Wassers und der Luft aus älteren Gesteinmassen entstanden, durch Abrutschung oder Abschwemmung auf den Grund der Gewässer gelangt und durch den Druck derselben in neue feste Massen umgewandelt worden ist. Der Unterschied zwischen diesen Eruptivgesteinen und denjenigen Stoffen, die wir in feuerflüssigem Zustande den thätigen Vulkanen der Gegenwart entströmen und dann in erstarrtem Zustande den Boden der Vulkane und ihrer Umgebung bedecken sehen, besteht nach der Annahme der neueren Geologen hauptsächlich darin, daß die Eruptivgesteine einer weit älteren Periode der Entwickelung der Erdoberfläche angehören, zu deren Zeit diese Gesteinsarten in einem viel höheren Maße durchwässert oder mit Wasserdampf gesättigt waren, als dies bei den Laven der Gegenwart der Fall ist. Auch diese letzteren sind mit einer beträchtlichen Menge von überhitztem Wasser oder Wasserdampf beladen, die allerdings während der Erstarrung ausgeschieden wird, immerhin aber bewirkt, daß sich die Schmelzmassen der Vulkane auch in ihrem erstarrten Zustande noch wesentlich von denjenigen unterscheiden, die etwa der Verbrennungsprozeß in unseren Hochöfen zu stande bringt, wo auf eine sehr rasche Erhitzung eine ebenso rasche Abkühlung folgt. Die rasche Abkühlung gestattet eben den erstarrenden Massen nicht, eine reguläre Form anzunehmen, während bei langsamer Erkaltung die Krystallbildung ermöglicht wird. In den rasch abgekühlten oberflächlichen Teilen der Lavaströme ist eine blasig-schlackige Beschaffenheit vorherrschend, in der Tiefe der Ströme aber findet sich die krystallinische Bildungsform in der Regel trefflich entwickelt, und hier ist ein Unterschied zwischen solchen Laven der Gegenwart und den älteren Eruptivgesteinen kaum noch bestimmt anzugeben. Diese inneren Schichten erhalten mitunter jahrelang ihre hohe Temperatur. Neumayr erzählt, daß er bei seinem ersten Besuche des Vesuv im Jahre 1876 ein Stück Holz in eine nach Angabe des Führers vier Jahre alte Lava gesteckt habe, wobei es sofort Feuer fing; erst als er 1878 denselben Versuch wiederholte, gelang derselbe nicht mehr. Manche Lavaströme nähren viele Jahre hindurch die ihnen entströmenden Fumarolen (vergl. S. 247), und die Erfahrung, die Humboldt am Jorullo hinsichtlich jener Quellen gemacht hat, die, nachdem sie durch die 46 Jahre früher ausgeflossene Lava ihren Weg genommen hatten, immer noch eine Temperatur von 54 Grad zeigten, beweist wohl am sprechendsten die außerordentliche Fähigkeit der Lava, sich in hoher Temperatur zu erhalten.

Wenn nun bei den Eruptivgesteinen der Vorzeit ein weit höherer Gehalt an Wasser oder Wasserdämpfen vorausgesetzt wird, als ihn die Laven der Jetztzeit besitzen, so läßt sich allerdings der Unterschied leicht erklären, der hinsichtlich der beiderseitigen Struktur (d. h. der Art, wie sie in ihren Teilen zusammengefügt sind) entsteht, und der eben erwähnte Umstand, daß innerhalb der Lavamassen selbst solche Unterschiede hinsichtlich ihrer inneren und der mehr oberflächlichen Teile bestehen, bietet noch einen weiteren Beitrag zu dieser Erklärung. Zudem giebt es eine genügende Anzahl von Merkmalen, die die vulkanische Entstehung der Eruptivgesteine und deren nahe Verwandtschaft mit den Laven unserer Zeit trotz der bestehenden Unterschiede mit Sicherheit erkennen lassen. Wir sehen die Eruptivgesteine in Form von Gängen und Stöcken andere Gesteine durchsetzen, sehen, wie sie sich in Form der „homogenen Vulkane“ glockenförmig auftürmen oder gleich Lavaströmen über anderes Gestein sich ausbreiten. Während ihnen selbst jene eigentliche Schichtung fehlt,

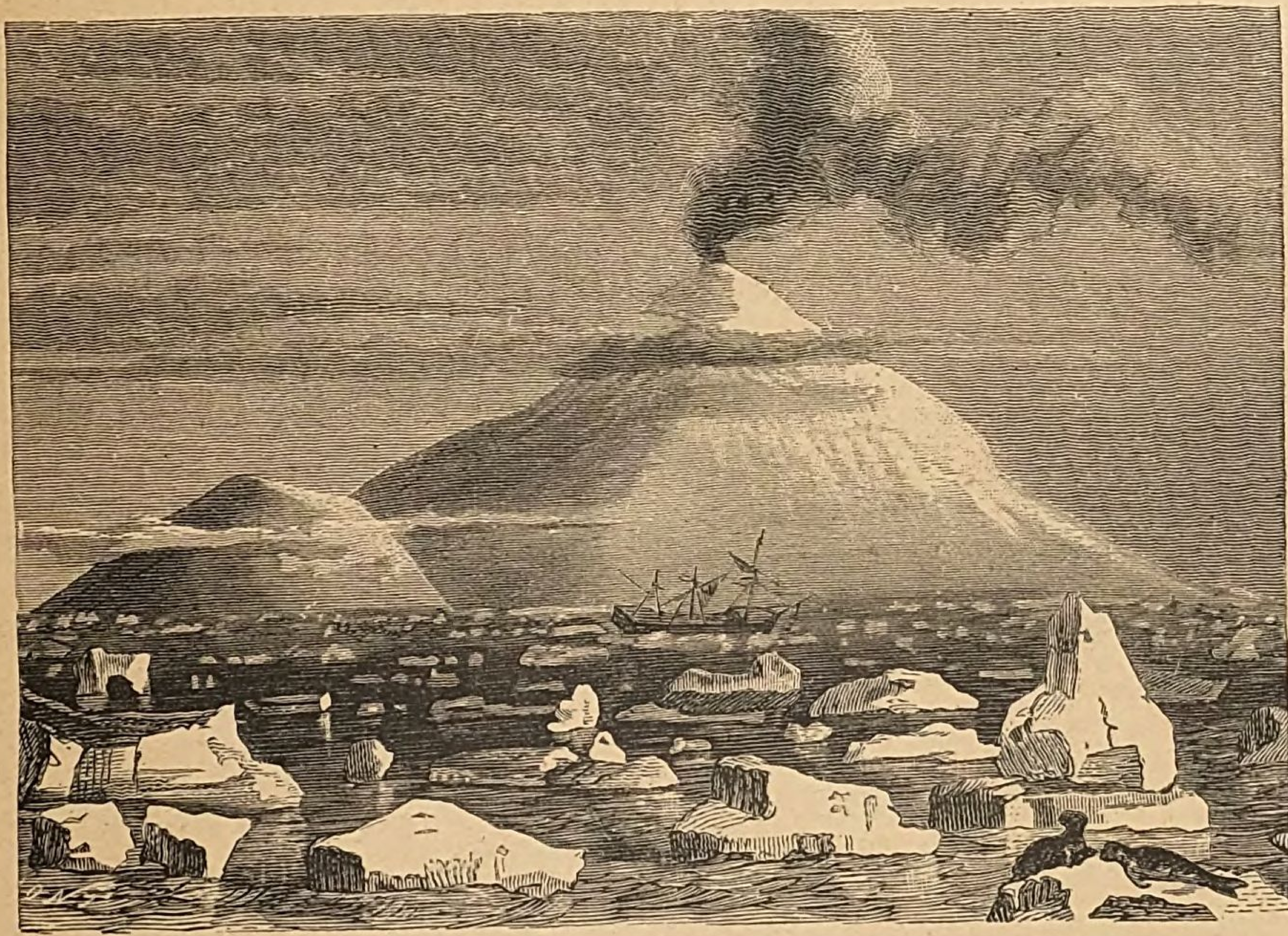
die den sedimentären Gesteinen eigentümlich ist, sehen wir diese an Stellen, wo das Eruptivgestein durch sie hindurchgedrungen ist, zertrümmert und zerbröckelt oder von Adern des letzteren durchsetzt; ferner finden wir in ihrem Geleite Massen, die auch im Geleite der vulkanischen Ausbruchsmassen der Gegenwart vorkommen, wie Asche, Sand und jene Schlackenbröckchen poröser oder blasiger Beschaffenheit von Haselnuß- bis Walnußgröße, die unter dem Namen Lapilli („Steinchen") oder Rapilli bekannt sind und dadurch entstehen, daß die Lava während ihres Emporsteigens durch die damit verbundene Gas- und Dampfentwickelung zerstäubt und in die Luft geworfen wird, in der die emporgeschleuderten Tröpfchen in Form von Asche oder Sand, oder, wenn sie in größeren Teilen vereint bleiben, in Form der eben genannten Lapilli erstarren. Auch die Erscheinung der Verglasung, Koaksbildung, Umkrystallisierung, Verbackung, sowie die Aufnahme von Bruchstücken des Nebengesteines und die Anfüllung mit neugebildeten Mineralien weisen darauf hin, daß die Eruptivgesteine ihren Namen mit Recht tragen und somit nur eine andere Form vulkanischer Ausbruchsmasse vorstellen, als diejenige ist, die sich uns in der Lava der Jetztzeit darbietet. Fügen wir noch hinzu, daß die Eruptivgesteine ebenso wie diese ein glasiges, schlackiges, blasiges oder mandelsteinartiges Gefüge haben und stets frei von organischen Einschlüssen sind, so sind damit wohl die hervorstechendsten Merkmale erschöpft, die die innere Verwandtschaft zwischen Lava und Eruptivgestein erhärten. Unsere nebenstehende Abbildung zeigt eine der mannigfaltigen Formen, welche die Zusammensetzung feiner Lavaschnitte unter dem Mikroskop erkennen lassen. Wir haben es hier mit der vierzigfachen Vergrößerung eines solchen Schnittes zu thun, der von der Lava des Kilauea auf Hawai (Sandwich-Inseln) entnommen ist und nachstehende mit den entsprechenden Ziffern in der Abbildung selbst bezeichnete Mineralien enthält: 1. Labrador; 2. Augit; 3. Olivin; 4. Magneteisenstein; 5. Anorthit; 6. und 7. Augitkrystalle; 8. und 9. Sphärolithen das sind kugelige Mineralsubstanzen von oft mikroskopischer Kleinheit, die in großer Menge in Eruptivgesteinen vorkommen und sich aus Strahlen oder Fasern zusammensetzen, die rings um den Mittelpunkt angeschlossen sind.



Mikroskopischer Lavaschnitt vom Ausbruch des Kilauea von 1881.

Wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit den Vulkanen der Gegenwart zu, so finden wir, daß dieselben über die ganze Erdoberfläche verbreitet sind und überall mit dem geologischen Baue desjenigen Teiles der Erdoberfläche, auf welchen sie sich vorfinden, eng zusammenhängen. Ein Blick auf unsere Karte der Meeresstömungen, neueren Tieflotungen und Verteilung der Vulkane auf der Erde zeigt uns, daß diese letzteren über Festländer und Meere innerhalb eines Gürtels sich erstrecken, der im Norden wie im Süden über die Grenzen des Treibeises weit hinausragt. Die ganze Ostküste Asiens, von Kamtschatka bis nach Neuguinea herab, ist von Inselketten durchweg vulkanischer Natur eingefaßt, und auch die Sunda-Inseln, die sich südlich an diese Inselreihe anschließen, um sich bis an die Südwestküste Hinterindiens zu erstrecken, sind mit einer Reihe von thätigen Vulkanen besetzt, während östlich und südöstlich von diesen das vulkanische Gebiet über ganz Melanesien und Polynesien sich ausbreitet. Die im südlichen Teile des Indischen und Atlantischen Oceans zwischen Australien und Südamerika zerstreut liegenden Inseln sind fast durchaus vulkanischer

Natur, ebenso die um die Küste Afrikas herum gelegenen Inseln, mit Inbegriff Madagaskars. Auf dem afrikanischen Festlande selbst finden wir vulkanische Gebiete im Westen (bei Kamerun) wie im Osten (in Abessinien) und in dem dem Kilima-Ndscharo zunächst gelegenen Teile Ost-Afrikas. In Asien konzentriert sich das vulkanische Gebiet hauptsächlich in dem zwischen dem Kaspischen, Schwarzen, Mittelländischen und Roten Meere gelegenen Teil und beschränkt sich im Uebrigen auf vereinzelte Punkte in Innerasien, Hinterindien und bei Ceylon; zwischen Kamtschatka und dem nordwestlichen Teile Amerikas zieht sich eine vulkanische Kette über die Aleuten hin und findet an der Westküste dieses Erdteils ihre Fortsetzung, die, wenn auch streckenweise unterbrochen, bis an das Kap Hoorn herunterreicht. Der Golf von Mexiko und das Karaibische Meer sind vom Atlantischen Ocean durch Inseln getrennt, von denen gleichfalls mehrere vulkanischer Natur sind. Im Innern des europäischen Festlandes finden wir vulkanische Formationen in Mittel-Frankreich, im Rhein- und Elbegebiet und in den



Der Vulkan Erebus auf Viktoria-Land
im Südlichen Eismeer.

Karpathen, an den Küsten des Mittelmeeres in Spanien, Süd-Frankreich, Mittel- und Unter-Italien, Griechenland und auf den Inseln, die zu diesen Ländern gehören. Von den nordischen Gebieten sind Island und die kleine Insel Jan Mayen vulkanisch, in der antarktischen*) Polarregion zeigt unsere Karte ebenfalls vulkanische Gebiete, doch reicht sie nicht bis zu den interessantesten der Vulkane in jener noch so wenig bekannten Zone hinab; es ist dies der Erebus, der sich unter 77½ Grad südl. Br. auf dem antarktischen Küstengebiete Viktorialand zu 3770 m Höhe erhebt. Dieser imposante Vulkan wurde, wie der unfern von ihm zu 3317 m Höhe aufragende, ebenfalls vulkanische, aber scheinbar erloschene Mount

*) Das Sternbild des Großen Bären, das die Kuppel des nördlichen Sternenhimmels schmückt, heißt im Griechischen Arktos; deshalb nennen die Astronomen Alles, was zum nördlichen Himmel gehört, arktisch, die Geographen aber beschränken diese Bezeichnung auf das Gebiet des nördlichen Polarkreises, der unter 66⅔ Grad nördl. Br. die nördliche Calotte (Kugelabschnitt) der Erdkugel abschneidet. Antarktisch dagegen heißt alles Land und Wasser, das um den Südpol herum liegt und bis 66⅔ Grad südl. Br. heraufreicht.

Terror von dem berühmten Seefahrer James Clarke Roß entdeckt, der mit seinen zwei Schiffen „Erebus“ und „Terror“ in den Jahren 1839 bis 1843 das Südliche Eismeer durchforschte und 1841 jene beiden Eisriesen zu Gesichte bekam. Zur Zeit, als Roß das glutsprühende Ungetüm über die Welt des ewigen Eises zum erstenmale aufragen sah, war der Vulkan eben in lebhafter Thätigkeit, und die glühenden Lavamassen flossen an dem Hange desselben bis zum Meeresspiegel hinab. Vielleicht werden spätere Expeditionen nach jenem geheimnisvollen Lande Aufschluß darüber bringen, ob nicht noch andere Zeugen vulkanischer Thätigkeit dort vorzufinden sind.

Derjenige Vulkan, der das Interesse der Bewohner unseres Erdteiles von alters her am meisten auf sich gezogen hat, weil er einerseits nahe dem Mittelpunkte des ältesten



Vesuvausbruch vom April 1872.

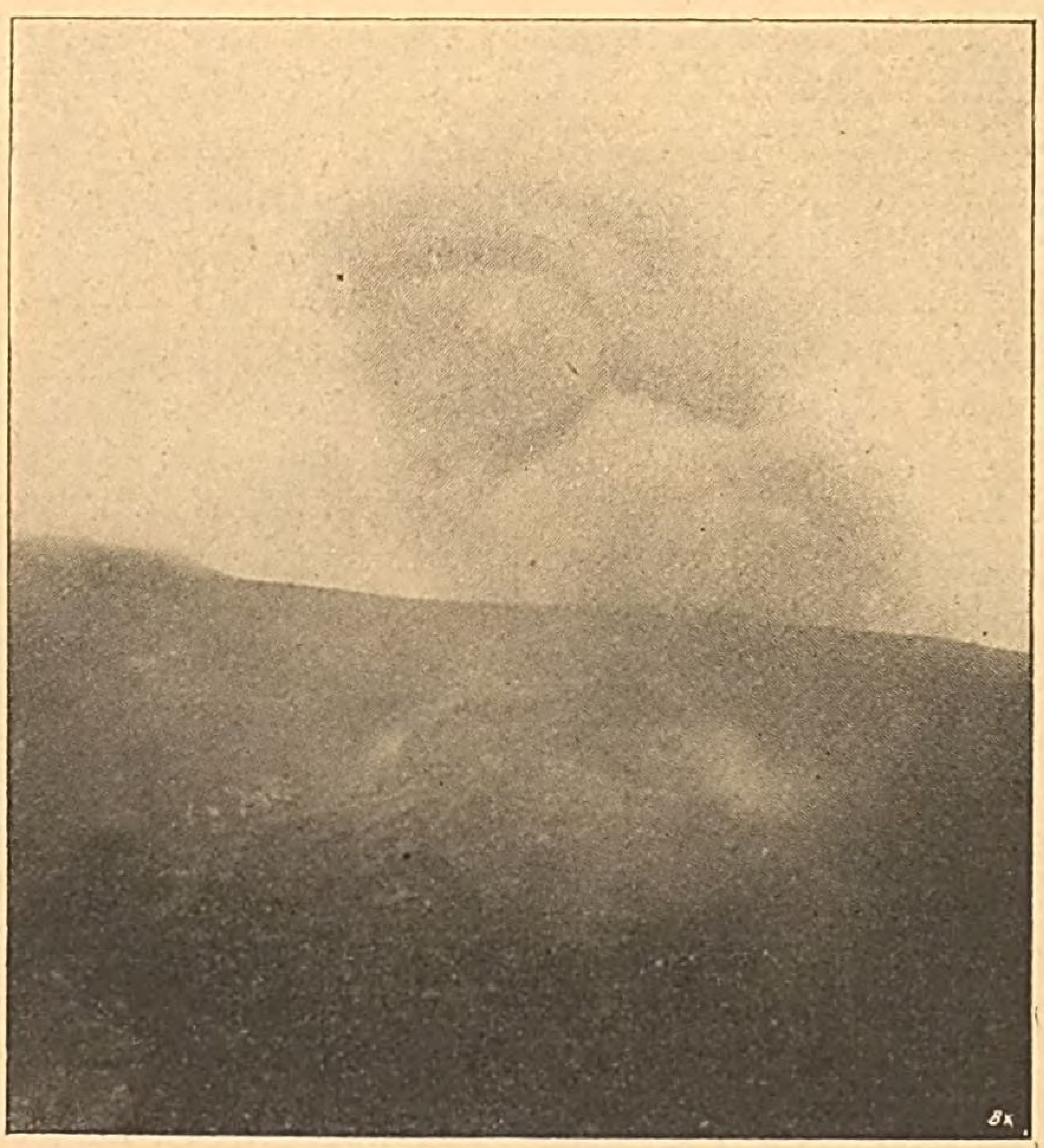
europäischen Kulturlebens gelegen, andererseits der einzige thätige Vulkan des europäischen Festlandes ist, ist der Vesuv. Wir haben bereits im zweiten Kapitel des II. Abschnittes dieses Buches jenes gewaltigen Ausbruches gedacht, der im Jahre 79 n. Chr. die Städte Pompeji, Herculanum und Stabiae verschüttete und dem älteren Plinius das Leben kostete. Bis zum Jahre 63 n. Chr. galt der Vulkan für erloschen, als plötzlich kurz nacheinander zwei Ausbrüche desselben erfolgten, von denen der erste — 63 n. Chr. — eine teilweise Zerstörung von Herculanum und Pompeji herbeiführte, der zweite — 64 n. Chr. — in Neapel arge Verheerungen anrichtete. Nach der Katastrophe von 79 n. Chr. trat eine Ruhepause ein, auf welche wieder heftige Ausbrüche in den Jahren 203, 472, 512, 685, 982, 1036 und 1139 folgten. Nahezu 500 Jahre war dann wieder Ruhe; der weit ausgehöhlte Krater bedeckte sich mit dichtem Gebüsch, in welchem wilde Schweine hausten. Ende 1631 trat wieder einer der heftigsten Ausbrüche ein, der eine fürchterliche Verheerung anrichtete und etwa 3000 Menschen den Untergang brachte. Seit jener Zeit kehrten die

Eruptionen ungefähr jedes Jahrzehnt wieder, und eine derselben, im Jahre 1794, zerstörte die Stadt Torre del Greco, am Südwestfuße des Berges und dem Golf von Neapel gelegen, fast vollständig. Schon 1631 hatte diesen Ort eine ähnliche Katastrophe betroffen, und nach derjenigen von 1794 wurde er abermals 1857 durch ein Erdbeben und 1861 durch einen neuerlichen Ausbruch erheblich geschädigt und verändert. Die Eisenbahnlinie Neapel—Salerno durchschneidet in der Nähe des Ortes die 12 m tiefe und 650 m breite Lavaschicht, die im Jahre 1794 sich über jene Gegend ergossen hatte. Von den Vesuvausbrüchen des 19. Jahrhunderts war derjenige des Jahres 1822 der verheerendste. Im April 1872 erfolgte der letzte große Ausbruch, den unsere Abbildung darstellt. Der Kraterkegel brach an der Nordseite auf und eröffnete einem Lavastrom den Austritt, der sich binnen 13 Stunden 5 km weit in das Thal ergoß und große Verheerungen in den umliegenden Ortschaften (namentlich in Massa und San Sebastiano) und Ländereien anrichtete. Mehrere Tage hindurch fiel ein Aschenregen über Neapel herab, und die Sonne vermochte nur mit dämmerndem Lichte die bleigraue Luft zu durchdringen. Aber eben so schnell wie dieser Ausbruch zu seiner vollen Gewalt gelangt war*), trat wieder Ruhe ein. Schon 24 Stunden nach dem heftigen Ausbruche hörte die Lava zu fließen auf, der Aschenregen ließ nach und die Wolke, die sich über die ganze Umgebung ausbreitete, nahm an Dichtigkeit ab. Der Gipfel des Vesuv, der bis dahin von Neapel aus in gleichförmiger Rundung zu sehen war, erschien jetzt schräg abgestutzt, und eine Bocca (ital. s. v. w. Mund, Oeffnung), die bis dahin an der Außenseite sichtbar gewesen war, war jetzt verschwunden. Dagegen eröffnete sich an Stelle des Spaltes, der sich in der Nacht vom 25. auf den 26. April gebildet hatte, eine Schlucht, die in das Innere des Berges eindrang und, die dadurch entstanden war, daß der Kraterrand hier in beträchtlicher Tiefe eingestürzt war. Neumayr, der den Vesuv im Jahre 1878 besucht hatte, erzählt, daß man vom Gipfel aus über rauchende Fumarolen und von Eisenchlorid gelb gefärbte Tuff- und Lavafelsen hinabsteigen und sich der damaligen Bocca nähern konnte, obgleich diese fortwährend Dampfwolken ausstieß, die der Beobachtung sehr hinderlich waren, auch etwa alle fünf Minuten Steine emporwarf, womit jedesmal Detonationen (Verpuffungen) verbunden waren.

Die Erscheinungen beim Ausbruche des Vesuv im Jahre 69 n. Chr., die der Neffe des älteren Plinius geschildert hat (vgl. S. 27), sind wohl geeignet, um eine Grundanschauung von der Natur eines solchen Ausbruches zu geben. Nach vermutlich vielhundertjähriger Dauer des Ruhezustandes durchbrach der Vulkan ein gewaltiges Hindernis, das die in seinem Innern waltenden Kräfte bis dahin niedergehalten hatte, unter schwerem Ringen, das sich durch unterirdische Geräusche und Erdbeben kund gab. Dann erhob sich jene „pinienartige" Wolke, eine hohe Rauchsäule, die sich an ihrem oberen Ende bei verhältnismäßig geringer Ausdehnung in die Höhe desto mehr in horizontaler Linie entwickelte. Aus dieser breiten Krone des Wolkenbaumes fiel ein Stein- und Aschenregen herab, während die Wasserdämpfe, aus denen das Gebilde in seiner Hauptmasse bestand, in Gestalt eines furchtbaren Gewitterregens unter elektrischen Entladungen weithin über die Umgebung sich ausgossen. Der Stein- und Aschenregen dauerte fort und begrub, wie wir wissen, ganze Ortschaften; in Herculanum vereinigte sich die Asche mit den niederstürzenden Wassern zu einem Schlammstrome, der durch alle Oeffnungen und Ritzen der Häuser eindrang und die Räume in denselben mit einer kittartigen Masse ausfüllte, in die die Leichen erstickter Menschen so dicht eingebettet wurden, daß man nach der Ausgrabung der Stadt die hohlen Abgüsse derselben als Modell benutzen, mit Gips ausgießen und so plastische Kopien der vor Jahrhunderten zu Grunde gegangenen Opfer der Katastrophe gewinnen

*) Wohl war schon anfangs 1871 ein neuer Durchbruch erfolgt und im Verlauf dieses und des nächsten Jahres traten immer wieder Explosionen ein, die man aber nicht für bedenklich hielt, bis endlich in der Nacht vom 25. auf den 26. April 1872 der ganze Aschenkegel sich mit einemmale spaltete und ungeheure Massen von Lava entsandte, gleichzeitig aber einen dichten Hagel geschmolzener Steine auf den Gipfelkrater schleuderte und einen großen Teil der Zuschauer auf dem Atrio teils tötete, teils verwundete.

konnte. Die Rolle, die dem Wasserdampf bei diesen wie bei allen ähnlichen Ausbrüchen zukommt, ist leicht erklärlich. Müssen wir in ihm sowie in den vom feuerflüssigen Gestein in großen Mengen aufgesaugten und nun freiwerdenden Gasen die treibende Kraft erblicken, die den Ausbruch verursacht, so ist es auch während des Verlaufes desselben die gleiche Triebkraft, die das emporgeschleuderte feuerflüssige Material nebst seinen Einschlüssen unter fortwährenden Explosionen auseinandertreibt, zu feinster Asche zerstäubt, oder in Gestalt gröberen Sandes und kleinerer oder größerer Trümmer (der sogenannten Lapilli) in die Luft emporschleudert, ganz schwere Schlackenstücke aber in den Krater selbst zurückfallen läßt, oder über dessen nächste Umgebung zerstreut. Man kann sich vorstellen, daß die Dämpfe, die mit der ausgeworfenen Lava selbst emporgetrieben werden, schon im Kanal unter dem Einflusse der hier herrschenden Druck- und Wärmeverhältnisse stoßweise zu Ballen oder Blasen zusammengepreßt werden, die dann nach dem Austritt in die freie Luft sich erweitern und schließlich zerplatzen. Durch die Vermengung der Wasserdämpfe mit den von ihnen emporgetriebenen festen Teilen färbt sich die Dampfsäule, die oft bis zu mehreren tausend Metern emporsteigt, dunkel, und ebenso die Krone, die sie bei ihrer Ausbreitung in den Lüften bildet; bei Nacht verwandelt sie sich scheinbar in eine Feuersäule, weil sie von unten her von der Glut der im Krater befindlichen Lava beleuchtet wird. Mit dem Ausfließen der Lavamasse selbst wird die Gewalt der Eruption gebrochen, denn das Hindernis, zu dessen Beseitigung die unterirdischen Kräfte in äußerste Spannung versetzt worden waren, ist damit beseitigt. Das Getöse im Innern des Berges verstummt, der Abfluß des Lavastromes vollzieht sich ruhig, der Aschenregen und die Explosionen hören auf und es tritt ein Zustand der Ruhe ein, dessen längere oder kürzere Dauer einzig und allein davon abhängt, ob die Ursachen, die den Ausbruch veranlaßt haben, mehr oder weniger gründlich behoben sind und eine Erneuerung derselben längerer oder kürzerer Sammlung der dabei beteiligten Kräfte bedarf.



Vesuv-Krater,
aus 250 m Entfernung gesehen.
(Nach einer Original-Aufnahme des Musikdirektors Siegfried Ochs in Berlin.)

In dem Vulkanbilde des älteren Plinius fehlt das entscheidende Moment des Lavaausflusses. Wir wissen nur oder vermuten wenigstens, daß der Krater des Vesuv, den der um 63 v. Chr. geborene griechische Geograph Strabo als einen weiten Ringwall mit ziemlich regelmäßig gestaltetem Rande gesehen hatte, bei dem Ausbruche vom Jahre 79 auf einer Seite eingestürzt ist und jene Form angenommen hat, die wir heute noch wenigstens in ihren Hauptzügen sehen. Anstatt des geschlossenen Ringwalles findet sich jetzt an der Nordseite des Vesuvkegels, dessen fast kreisförmige Grundfläche 16 km im Durchmesser mißt, während der beständig rauchende Gipfel 1301 m über den Meeresspiegel sich erhebt, ein halbkreisförmiger Rest desselben, der sogenannte Monte Somma, der in der Punta Nasone 1137 m Höhe erreicht und vom Vulkan selbst durch eine Schlucht, den Atrio del Cavallo, getrennt ist. Auf einem Vorsprunge des Monte Somma ist

ein Observatorium erbaut worden, das zur fortwährenden Beobachtung des Vesuv dient. Der gegenwärtige Eruptionskegel ist im Jahre 79 entstanden und seit damals der Sammelpunkt aller späteren Ausbrüche geblieben, die sich entweder durch die Krater*) am Gipfel oder durch Seitenspalten Luft machten.

Wie schon erwähnt, folgten auf den Ausbruch von 79 n. Chr. in größeren Zwischenräumen, die sich auf Zeiträume von einem halben bis zu drei Jahrhunderten verteilten, während einer elfhundertjährigen Periode weniger bedeutende Ausbrüche, und es trat dann eine halbtausendjährige Ruhe ein. In der Nähe des Vesuv befindet sich die sogenannte Solfatara**) von Pozzuoli, die auf unserer mondähnlichen Vesuvansicht aus der Vogelschau auf S. 241 unter den zahlreichen Kratergebilden sich befindet, die links vom Vesuv in dem Küstenzipfel sich zusammendrängen. Die Somma dieses Schwefelkraters erhebt sich etwa 200 m an ihrer höchsten Stelle über den Meeresspiegel und der Kraterboden selbst liegt ungefähr 100 m über demselben. Im Jahre 1198 war dieser Vulkan noch thätig, jetzt prangt seine Umwallung in üppigster Pflanzenfülle und nur der weiße Tuffboden in seinem Schoße ist tot und speit stoßweise und unter unheimlichem Geräusch heiße Schwefeldämpfe aus, die die umgebenden Tuffwände mit grellen Farben bemalen.



Vesuv-Krater,
aus nächster Nähe gesehen.
(Nach einer Original-Aufnahme des Musikdirektors Siegfried Ochs in Berlin.)
Die hinter der Rauchwolke hervortretenden Klippen sind Erhöhungen des Kraterrandes, den man sich im Hintergrunde geschlossen zu denken hat. Die glatte Fläche, die den vorderen Rand des Kraters abschließt, ist von einer Schicht seiner Asche gebildet.

Um das vulkanische Bild des Vesuv hinsichtlich der Lücke zu ergänzen, die die Schilderung des Neffen des älteren Plinius offen gelassen hat, lassen wir hier eine Beschreibung des Ausbruches vom Jahre 1794 folgen, die von dem berühmten Geognosten Leopold von Buch herrührt, einem Gelehrten, der sich nicht nur durch gründliche Kenntnis der Vulkane, sondern auch durch meisterhafte Darstellungsweise auszeichnete. Er schreibt: „Unter den vielen Ausbrüchen des Vesuvs sind doch nur zwei bekannt, denen die Eruption von 1794 an furchtbarer Größe weicht. Durch die erstere von diesen wurden das reiche Herculanum und die Seestadt Pompeji zerstört und dem Meere neue Grenzen bestimmt. Die zweite, im Jahre 1631, stürzte fast unzählbare Feuerströme über die in Menge um den Fuß des Vulkans gelagerten Ortschaften. Alle fruchtbaren Pflanzungen wurden gänzlich zerstört, und fast die Hälfte der Einwohner verlor in den Flammen das Leben.

*) Vergl. unsere aus jüngster Zeit stammenden Abbildungen des Vesuv-Gipfels, der sich aber fortwährend verändert, auf S. 256 und hier oben.

**) Der italienische Name Solfatara stammt, wie der französische souffière von der lateinischen Benennung des Schwefels (sulphur) her und bezeichnet jeden Vulkankrater, der nur schwefelhaltige Dämpfe ausstößt. Es giebt solche Solfataren auf Java, auf den Antillen, in Italien und anderwärts. Die Solfatara bei Pozzuoli westlich von Neapel umschließt ein von den hügeligen Reihen des alten Kraterrandes umgebenes Becken von 400 m Länge und 300 m Breite, dessen weiße Bodenfläche von Spalten (Fumarolen) durchzogen ist, die fortwährend schwefelhaltige Dämpfe aushauchen.

Beide erschienen, als bei den anwohnenden Menschen jede Ueberlieferungsspur von dem im Innern des Berges verborgenen Zerstörungsquell durch die Länge der Zeit fast völlig verwischt war. Aber in neuern Zeiten hat der Vulkan fast jährlich neue und große Phänomene gezeigt, und es lebte in der Gegend fast niemand, der nicht die Verwüstungen mehrerer Ausbrüche selbst empfunden oder beobachtet hätte. Und doch konnte eine zweijährige Ruhe des Berges, in der sein Gipfel auch nicht einmal dampfte, die Bewohner in so große Sorglosigkeit stürzen, daß sie den Vesuv auch dann noch gänzlich vergaßen, als sie am 12. Juni um 11½ Uhr in der Nacht plötzlich ein heftiges Erdbeben aufschreckte.

Der Boden in der ganzen Ebene Kampaniens schwankte wie flüssige Wellen von Morgen gegen Abend. Die Neapolitaner stürzten aus den Häusern auf die großen Plätze des Palazzo Reale, del Mercato, delle Pigne. Sie glaubten im nächsten Augenblick ihre Häuser zu Boden geworfen, und angstvoll erwarteten sie im Freien den Morgen, Kalabriens Schicksal befürchtend. Als ihnen aber die Sonne hell aufging und sie den Vulkan in der gewohnten Ruhe erblickten, glaubten sie den Ruin der südlichen Provinzen des Reiches befürchten zu müssen und leiteten von dorther die Erscheinungen der vergangenen Nacht. Aber nicht lange währte der Irrtum. Drei Tage darauf, am 15. Juni um 11 Uhr in in der Nacht, erbebte die Erde von neuem; es war nicht mehr ein wellenförmiges Schwanken wie vorher, es war ein unregelmäßiger Stoß, der die Gebäude zerriß, die Fenster klirrend erschütterte und gewaltsam die inneren Gerätschaften durcheinanderstürzte. Und sogleich erhellten rote Flammen und leuchtende Dämpfe den Himmel.

Der Vesuv war am Fuße des Kegels geborsten, und von den Dächern der Häuser sah man die Lava in parabolischen Bogen hervorspringen. Fortwährend hörte man einen dumpfen, aber heftigen Lärm, wie vom Sturz eines Kataraktes in eine tiefe Höhle hinab; unaufhörlich schwankte der Berg, und eine Viertelstunde darauf hörte auch in der Stadt nicht mehr die Erschütterung auf. Mit solcher Wut hatte man noch nie die Lava hervorbrechen sehen. Das reizbare Volk, das sich nicht mehr auf festem Boden fühlte, die Luft in Flammen sah und von schrecklichen, nie gehörten Tönen erfüllt, stürzte, von Furcht und Schrecken ergriffen, zu den Füßen der Heiligen in Kapellen und Kirchen, griff nach Kreuzen und Bildern und durchzog heulend die Stadt in wilder Verwirrung. Der Berg achtete ihres Angstgeschreies nicht; es sprangen immer neue Oeffnungen auf, und mit gleichem Lärme und gleicher Gewalt stürzte daraus die Lava hervor. Rauch, Flammen, Dampf erhoben sich zu ungeheuren Höhen jenseits der Wolken und verbreiteten sich dann auf den Seiten in Form einer unermeßlichen Pinie, wie zu Plinius Zeiten.

Nach Mitternacht verlor sich dieses unausgesetzte fürchterlich dumpfe Getöse, mit ihm die stete Erschütterung und das Schwanken des Berges; die Lava brach jetzt stoßweise aus den Oeffnungen hervor, aber in schnell hintereinander sich folgenden Stößen mit donnerähnlichem Knalle. Die sie so gewaltsam und tobend hervorstoßenden elastischen Mächte schleuderten unzählige große Felsstücke zu erstaunlicher Höhe hinauf in die Luft, und neue Flammen und schwarze Rauchwolken folgten diesen zertrümmerten Felsen. Nach und nach folgten die Stöße seltener hintereinander, aber ihre Kraft verdoppelte sich, und zuletzt schien der ganze Berg nur eine Batterie zugleich abgeschossener Artilleriestücke zu sein. Und während dieses gewaltsamen Donners, schon nach Mitternacht, sah man auch die jenseits des Vulkans gelegene Atmosphäre erleuchtet. Die Lava, ungeachtet der Verwüstungen auf dieser Seite des Berges, sprengte auch den jenseitigen Abhang noch tiefer am Berge herab und weiter vom Gipfel und stürzte mit Gewalt aus der Oeffnung in eine weite Schlucht, welche schon ältere Laven verwüstet hatten, gegen Mauro hinab. Sie wütete in den Waldungen am Ausgang des Thales, verbreitete sich auf der weniger sich neigenden Fläche, fing dann langsamer zu fließen an, und nach drei Tagen erstarrte sie gänzlich, ohne Wohnungen erreichen zu können.

Nicht so die donnernde Lava gegen Neapel. Sie stürzte mächtig und schnell vom Abhange herab. Jede Explosion aus den Kratern drängte eine neue Masse von Lava

herauf, die, sich dem Strome zuwerfend, ihm neue Kraft und Stärke zu geben schien. Die Hälfte der Einwohner von Resina, Portici, Torre del Greco starrte mit fürchterlich ängstlicher Erwartung auf jede kleine Bewegung des Feuerstromes, dessen Richtung bald diesen, bald jenen Ort zu bedrohen schien; die andere Hälfte lag hingeworfen vor den Altären, sich Rettung vor der schrecklichen Lava zu erflehen. Plötzlich richtete die ganze Masse ihren Lauf genau auf Resina und Portici zu. Alles Lebendige in Torre del Greco stürzte in die Kirche, dem Himmel für die geträumte Rettung zu danken; in ihrer unmäßigen Freude vergaßen sie den dann notwendigen Untergang ihrer Nachbarn. Aber ein tiefer Graben stellt sich dem Laufe der Lava entgegen, sie folgt seiner Richtung, und er öffnet sich auf der Höhe über das unglückliche, sich gerettet glaubende Torre del Greco. Mit neuer Wut fällt der Strom den steileren Abhang hinab. Er trennt sich nicht mehr, und mit 2000 Fuß Breite erreicht er die blühende Stadt. Im nächsten Augenblicke suchen 18000 Menschen Schutz auf dem Meere. Noch ehe sie das Ufer verlassen, sehen sie über den eingestürzten Dächern der Häuser aus der Mitte der Lava hervor sich dicke, schwarze Rauchsäulen erheben und große Flammen wie Blitze. Paläste und Kirchen stürzten krachend zusammen, und fürchterlich donnerte dazwischen der Berg.

Um 11 Uhr in der Nacht brach die Lava aus dem Innern hervor, und schon um 5 Uhr morgens war Torre del Greco nicht mehr. In sechs Stunden hatte die glühende Masse vier italienische Meilen durchlaufen, eine noch nie erhörte Geschwindigkeit in der Geschichte des Berges. Das große Meer selbst vermochte es kaum, der Lava Grenzen zu setzen. Mächtig wälzte sich der obere Teil, indem der untere im Wasser erstarrte, über den erkalteten weg. Weit umher siedete das Wasser, und gekochte Fische in unzähliger Menge bedeckten die Fläche.

Mitten unter diesen Verwüstungen brach der neue Tag an. Man sah die aus den Kratern sich erhebenden Flammen nicht mehr, aber auch den Berg nicht. Eine schwarze, fest scheinende Wolke lagerte sich um ihn herum und verbreitete sich nach und nach wie ein finsterer Flor über den Golf und das Meer. Unaufhörlich fiel in Neapel und in der Gegend ein feiner Aschenregen herab und bedeckte alle Pflanzen und Bäume, alle Häuser und Straßen. Die Sonne erhob sich strahlenlos und ohne Glanz, und kaum war die Helle des Tages dem schwachen Lichte der Morgenröte vergleichbar. Ein unbedeckter Streif am äußersten westlichen Horizont ließ doppelt die Menschen empfinden, wie sie in Finsternis eingehüllt waren. Diese fürchterlich traurige Erscheinung vermochten die Neapolitaner nicht zu ertragen. Alle überfiel eine ängstlich-düstere Schwermut, und in ununterbrochen fortgesetzten Prozessionen suchten sie den erzürnten Himmel zu besänftigen. Es war nicht mehr das leicht empfängliche Volk, das lärmend mit den Kreuzen die Straßen durchstürzte. Die vornehmsten Familien Neapels schlossen sich dem feierlichen Zuge der Prozessionen an und folgten seufzend und still in langer Reihe dem Kreuze durch die Finsternis nach. Man glaubte alles, was die Asche berührte, mit einem tödlichen Hauche bedeckt; der eingebildete Verlust der reichen Pflanzungen umher setzte die Menge in stumme Verzweiflung, und nur mit Mühe gelang es der Regierung, durch Bekanntmachung der Unschädlichkeit der Bestandteile der Asche diese Furcht zu zerstören.

Die Asche fiel um so stärker und häufiger, je näher am Berge. Als sie eine Linie hoch die Straße von Neapel bedeckte, lagen fünf Linien in Portici, neun Linien in Resina und fünfzehn Linien in der Nähe der Lava. In Neapel war es schwarzer, feiner Staub, näher dem Vulkane zu ein feiner Sand mit erkennbaren Teilen, und auf dem Vesuv waren Rapilli, kleine Steintrümmer, gefallen.

Die Lava selbst bewegte sich noch, aber langsam und nur am äußeren Ende bemerkbar. Eine harte, erstarrte Rinde bedeckte den fließenden Strom, und die Oberfläche dieser glühenden Masse erkaltete so schnell, daß zwölf Stunden nach Zerstörung der Stadt viele ihrer unglücklichen Bewohner es wagten, schnell nach ihren zerstörten Wohnungen zu eilen, um der Lava das Wenige zu entreißen, was sie verschont haben konnte. Ja, man war sogar glücklich genug, auf diesem Wege mehrere Personen zu retten, welche, in einem

Kloster verschlossen, die jenseits der Lava Geretteten bis dahin vergebens um Hilfe angefleht hatten. An vielen Orten war die Lava geborsten; aus deren Inneren erhob sich ein heftiger, widriger, kochsalzgesäuerter Dampf, und man sah hellleuchtende Flammen zu beiden Seiten der Spalten. Man hörte ein unaufhörliches, entfernt scheinendes Donnern, und schnelle Blitze im schwarzen, vom Berge sich herabwälzenden Regen erhellten die finstere Nacht. Man sah, daß diese gewaltige Masse aus dem großen Krater auf dem Gipfel des Berges hervorgewälzt wurde. Man sah, wie sich eine ungeheure, dichte, rundgestaltete Wolke aus dem Innern erhob, wie sie sich aufzublähen schien, je höher sie stieg. Große, zu schwere Felsstücke fielen in fortgesetztem Regen senkrecht von ihren Rändern wieder in den Abgrund hinab. Eine neue Wolke folgte der ersten schnell mit gleicher Erscheinung und so unzählige Male hintereinander bis zu unabsehbaren Höhen. Ein großer, erhabener Anblick! Oft schien der Berg mit einer Krone dieser zu eigenen Systemen geordneten Wolke bedeckt. Nach und nach lösten sie sich auf; die größeren Stücke fielen senkrecht herab und rollten am Abhange des Kegels herunter; die feinere Asche entführte der Wind und zerstreute sie über das Land. Wenige Stunden darauf hatte die Asche wieder den ganzen Himmel bedeckt, und Tag und Nacht waren wie vorher durch diese Grenze geschieden.

Man hatte am Tage einige schwache Erschütterungen bemerkt. In der Nacht um 2 Uhr, am 18., erschreckte ein neuer heftiger Stoß die für kleine Phänomene durch das Furchtbare der vorigen Tage nicht mehr empfänglichen Menschen. Man empfand ihn vorzüglich in Portici, Resina und anderen dem Berge nahegelegenen Orten. Und beim Anbruche des weniger durch die Asche verhüllten Tages sah man mit Erstaunen, daß der Gipfel des Vulkanes eingestürzt war; statt der vorigen Spitze sah man ihn schief abgestumpft gegen das Meer. Die unaufhörlichen Aschenausbrüche hatten so sehr das Innere des Berges erschöpft, daß er den Gipfel nicht mehr zu unterstützen vermochte. Die ganze Masse fiel im Krater zusammen. Aber diese imposante Erscheinung beendigte den finsteren Aschenregen nicht. Wenn auch in Neapel und Portici und der nahen Gegend umher weniger Asche fiel als an den vorigen Tagen und das matte, rötliche Bild der Sonne mehrere Stunden lang sich durch den Staub in der Luft zeigte, so litten dagegen doppelt die Orte ostwärts des Berges. Ein heftiger Ostwind führte die aus dem Krater sich heraufhebende Masse von der Meerseite weg, und mit doppelter Wut stürzte sie auf Somma, Ottajano, Nola, Caserta herab. Bis in das Apenninengebirge herein war tiefe Nacht. Der ganze Vesuv schien sich in Staub herabstürzen zu wollen. Wolkenbrüche vermischten sich in der Luft mit der Asche, und die Masse fiel wie ein zäher Teig über die Gegend. Fest umgab er die zartesten Zweige der Pflanzen und Bäume, und alle Pflanzungen dieses fruchtbaren Striches erlagen unter der unerträglichen Last. Viele Dächer in den Orten stürzten zusammen, und die Einwohner sahen sich genötigt, ihr Leben durch schnelle Flucht in das Gebirge zu retten. Auf diese Art fielen einst Pompeji und Herculanum.

Und wirklich hatte man Ursache, ein noch grausameres Schicksal zu fürchten. Denn während der Schlamm und die Asche am 18. und 19. fast in einer für die Helle des Tages undurchdringlichen Dichte sich herabsenkten, stürzten reißende Wasserströme vom jähen Abhange des Berges herab. Mit grenzenloser Gewalt rissen sie Berge von Steinen und Bäumen mit sich fort und bedeckten mit großen Felsmassen die Ebene. Nur allein in der Nacht vom 20. Juni wälzten sich fünf solcher Ströme vom Berge, und dreimal im Laufe des Tages erneuerte sich diese verwüstende Erscheinung, das letzte Mal mit doppelter Stärke und Kraft. Die ganze den Vesuv umgebende Landschaft ward durch diese Regen verheert; jede kleine Wolke schien mit Macht gegen die Spitze des Berges gezogen, und kaum hatte sie den Gipfel umgeben, als auch schon die Wasser herunterstürzten, Wälder, Straßen, Brücken zerrissen und Häuser und Felder zerstörten. Von allen Seiten sahen sich die unglücklichen Menschen in beständige Todesangst versetzt und waren fortdauernd genötigt, sich zur schnellen Flucht zu bereiten. Bosco, Somma, Ottajano, Torre dell'Annunziata

verloren auf diese Art zum Teil für unabsehbare Zeit die Frucht ihres Fleißes, und die Verwüstungen der Lava in Torre del Greco waren kaum verderblicher und größer als die der entsetzlichen Wassermenge, welche der Vulkan auf das Land hinabstürzte. Indes verminderte sich allmählich die Menge der ausgeworfenen Asche. Man sah jetzt mit ihr sich große Dampfwolken aus dem Krater erheben, die in der Luft sich zerstreuten. Doch wurden die Nächte in Neapel noch fortwährend von der unzähligen Menge glänzender Blitze erleuchtet, die sich aus der Aschenwolke unaufhörlich herabstürzten. Ein starker, aber nicht rollender Donner begleitete sie, und daher das noch mehrtägige, fortgesetzte Getöse vom Berge.

Am 24. und noch mehr am 26. fiel wieder mehr Asche auf der Seite gegen Neapel, aber als die Einwohner sie erblickten, erhoben sie ein Freudengeschrei; denn sie war nicht mehr dunkelgrau oder schwarz wie bisher, sondern hellgrau und zuletzt beinahe ganz weiß. Die Erfahrung aller Eruptionen hatte gelehrt, daß dies der letzte Bodensatz im gärenden Innern des Berges sei und daß mit ihm die ganze Eruption gewöhnlich endige. Und man betrog sich auch diesmal nicht. Von nun an rauchte der Vesuv fast nur allein. Asche fiel nur noch an einigen Tagen, und seit dem 8. Juli kehrte Heiterkeit in das glückliche Klima Neapels zurück. Schon erhob sich wieder Torre del Greco durch den rastlosen Fleiß der zurückgekehrten Einwohner. Tausende waren auf den Feldern zerstreut, die Blätter und Zweige der Bäume und Reben von der alles bedeckenden Asche zu säubern. In Neapel strömten aufs neue die Menschen den wieder eröffneten Schauspielen zu, und wie vorher versammelten die Späße des Pulcinells die geschäftslose Menge an den Ecken der Straßen."

Zeigt uns der Vesuv das Bild eines Vulkanes mit verhältnismäßig enger Auswurfsöffnung und stark entwickeltem Eruptivkegel, so erblicken wir in dem Stromboli-Vulkan, der der nördlich von Sizilien gelegenen vulkanischen Inselgruppe der Liparen angehört, einen anderen Typus, der seinen Namen von diesem Stromboli-Vulkane erhalten hat. Dem „Stromboli-Typus" entsprechen jene Vulkane, die ohne das Einbrechen gewaltsamer Erscheinungen stärkere Dampfmassen ausstoßen und in ihrer Kraterhöhlung glutflüssige Gesteinmassen enthalten, von denen oft in regelmäßigen Zwischenräumen infolge von Dampfexplosionen Fetzen emporgeschleudert werden. Der Stromboli ist nach Berichten aus dem frühen Altertume seit etwa 3000 Jahren in ununterbrochener, auf gleichmäßige Perioden verteilter Thätigkeit begriffen, ohne daß es indes je zu heftigen Ausbrüchen gekommen wäre. Bei einer Höhe von ungefähr 900 m hat der stets von einer leichten Rauchwolke gekrönte, regelmäßig geformte Kegel einen gegen Osten etwas ausgerandeten Hauptkrater, in dessen Grunde, etwa 90 m unterhalb seines Randes, zwei „Bocche" sich öffnen, in deren einer die fast weißglühende flüssige Lava in Zwischenräumen von 10—15 Minuten bis an den Rand der Bocca emporsteigt und dann wieder niedersinkt. Sobald der Aufstieg seine höchste Höhe erreicht hat, bricht aus der Lava eine dichte Dampfmasse hervor, die glühende Lavafetzen und zerrissene Schlackenmassen in die Luft schleudert; da aber die ausgeworfenen Massen fast immer wieder in den Krater zurückfallen, so kann man dieses Schauspiel ohne Gefahr vom Rande des Kraters aus beobachten. Neumayr schreibt über diesen Vorgang: „Es ist höchst merkwürdig, daß in einer solchen Feueresse sich ein Zustand des Gleichgewichtes, wie ihn diese rhythmischen Auswürfe bezeugen, seit Jahrtausenden erhalten konnte. Wir sind gewohnt, in den Vulkanen Wirkungen einer regel- und gesetzlos wütenden Kraft zu sehen, und stehen nun vor der Thatsache, daß lange Zeiträume hindurch sich ein Gleichgewichtszustand erhält, so fein reguliert, daß die geringsten Aenderungen des Druckes schon merkliche Abweichungen hervorbringen. In der That ist die Thätigkeit des Stromboli vom jeweiligen Barometerstande wesentlich beeinflußt; es ist bei den Umwohnern eine bekannte Regel, daß bei Scirocco*) die Explosionen häufiger und stärker

*) Der Scirocco ist ein feuchter und schwüler Wind, der im Mittelmeergebiete zur Regenzeit, also während des Winterhalbjahres, herrschend ist, im Adriatischen Meere als Südostwind auftritt und eine erschlaffende Wirkung auf Menschen und Tiere ausübt, auch dem Oel- und Weinbau sehr gefährlich werden kann.

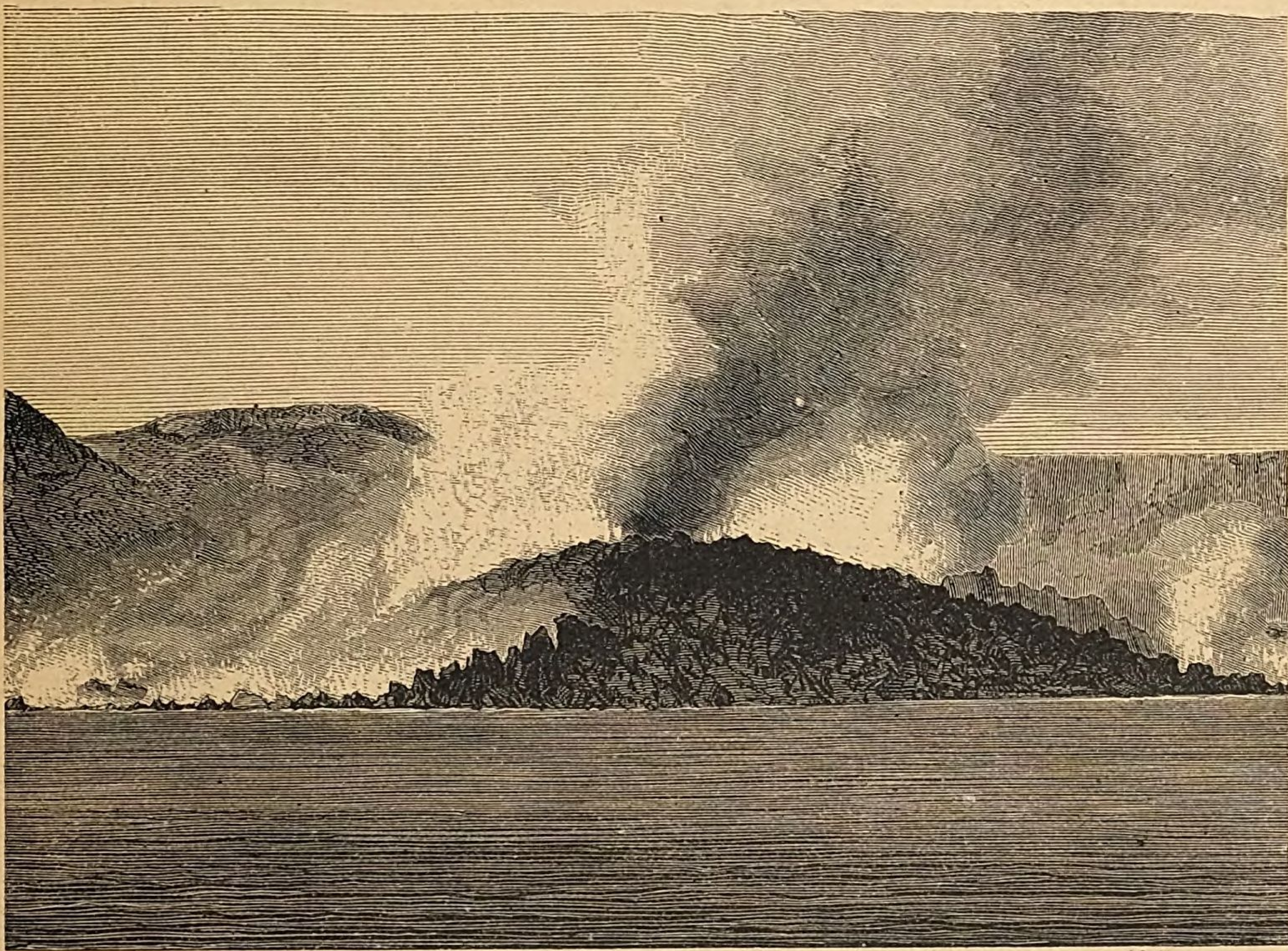
sind, und daß er vermehrte Rauhstürme und schlechtes Wetter voraussagt. Die Schiffer richten sich mit ihren Fahrten und Unternehmungen nach diesem Zeichen, das die Erfahrung von Jahrhunderten bestätigt hat." Nur wenige Vulkane der Erde zeigen eine solche konstante Thätigkeit wie der Stromboli, und keinen einzigen kennt man, der diesem an Regelmäßigkeit gleichkäme. Dagegen ist als weit großartigerer Vertreter des Stromboli-Typus der Kilauea auf Hawai (Sandwichinseln) zu nennen. Es ist dies ein Seitenkrater des 4139 m hohen Mauna Loa, des bedeutendsten von den Vulkanen dieses Inselreiches. Tief unter dem flachen und ziemlich breiten Gipfel des Mauna Loa liegt am Gehänge dieses Berges in einer Höhe von 3790 m der riesige, von Lavawänden umgebene Kessel des Kilauea, der einen Durchmesser von nahezu 5 km und einen Umfang von 12 km



Feuersee im Krater des Kilauea auf Hawai.

aufweist und stets mit kochender Lava gefüllt ist. An der Oberfläche ist dieser Lavasee halb erstarrt und halb geschmolzen, aber in der Tiefe befinden sich die Massen in feuerflüssigem und wildkochendem Zustande. Je nach der Thätigkeit des Vulkans steigt und senkt sich die flüssige Masse, und man kann die Spuren ihres wechselnden Standes an den Wänden des Beckens sehen, weil sich dort Säume von schwärzlicher, körnchenartig geformter Masse ansetzen, sobald das Niveau des Lavasees sich senkt und an den Rändern Flocken der erstarrenden Masse absetzt. Guillemin teilt in seiner „Meteorologie" den Bericht eines Reisenden mit, der seiner Zeit in den „Times" veröffentlicht worden und im Pariser „Journal officiel" in französischer Uebersetzung erschienen ist. „Wir befanden uns", so lautet der Bericht, „an den Ufern eines unregelmäßigen, mit flüssigem und kochendem Feuer angefüllten Sees, der von einem Ufer zum andern hinwogte, eine stetig wachsende

Hitze verbreitete und mächtige Rauchsäulen emporwarf. Die Wände des Kessels waren wie von Flammen angefressen, und man konnte glauben, daß dieselben jeden Augenblick in den brennenden See hineinstürzen könnten. Im Vergleich zu den schwärzlichen Felsen, die das Ufer bildeten, sah die Lava, über die sie emporragten, wie Blut aus. Draußen im See warf sich eine Art feurigen Springbrunnens in wilder Bewegung hin und her, sprudelte empor, überstürzte sich und schleuderte Fetzen glühender Lava um sich, wobei rings umher flammende Strahlen aufzuckten. Hierauf schien sie für einen Augenblick in sich zusammenzusinken, und auf der Oberfläche des Sees bildete sich eine grau bis schwärzlich gefärbte Kruste; allein bald belebte sich gegen die Mitte des Sees hin das feurige Wogenspiel aufs neue, und eine 30—40 Fuß hohe Flammensäule spritzte empor und stieg während einiger



Vulkan von Santorin.

Minuten, einem ungeheuren Springbrunnen gleich, auf und nieder, wobei nach allen Seiten Lavablöcke geschleudert und flammende Wogen unter unbeschreiblichem Höllenlärm gegen die Felsen geworfen wurden.“ Auch andere Reisende geben ähnliche Schilderungen des Schauspieles, das der Kilauea seinen Besuchern darbietet. Unablässig tobt der teils mit vergänglicher Kruste bedeckte, teils in rotglühenden Wogen bewegte Lavaspiegel in seinem Becken, wechselt sein Niveau, wobei sich die erstarrten Massen terrassenartig an den Uferwänden festsetzen, oder wird von einer auf seinem Grunde sich bildenden Spalte verschlungen, um allmählich wieder emporzusteigen.

Der Mauna Loa, an dessen Hange der Kilauea sein höllisches Spiel treibt, hatte im Jahre 1866 einen Ausbruch, wie die Geschichte der Vulkane kaum seinesgleichen kennt. C. W. C. Fuchs beschreibt denselben folgendermaßen: „Die größte Eruption des Mauna Loa seit Entdeckung der Insel ereignete sich 1866; in einer Höhe von mehr als 3000 m

öffnete sich ein neuer Krater, aus welchem drei Tage lang ein mächtiger Lavastrom hervorquoll und sich über den westlichen Abhang des Berges ergoß. Darauf trat Ruhe ein, welche anderthalb Tage währte; es folgte dann ein neuer Lavaausbruch viel tiefer, etwa in halber Höhe des Berges an der Ostseite. Mit schrecklichem Getöse wurden furchtbare Rauchmassen ausgestoßen und von den Schlacken innerhalb weniger Tage ein hoher Kegel aufgebaut. Die Lava wurde mit solcher fabelhafter Gewalt hervorgepreßt, daß sie in einem mächtigen Strahle als riesiger Springbrunnen aufstieg; nach Schilderung von Augenzeugen soll der Lavastrahl 100 Fuß dick gewesen sein und eine Höhe von etwa 1000 Fuß erreicht haben. Der Osten von Hawai glich einem einzigen Feuerstrome, und die Nacht war fast tageshell erleuchtet; die Lavaströme flossen 35 englische Meilen weit und erstarrten erst in der Nähe von Hilo. Zwanzig Tage dauerte die Eruption in dieser heftigen Weise fort; Seeleute sahen den Feuerschein in einer Entfernung von 200 englischen Meilen, und das Getöse drang 40 Meilen weit. Im April 1868 geriet der Mauna Loa schon wieder in eine bedeutende Eruption, und im Januar 1872 hatte der Kilauea einen Ausbruch."

Die bemerkenswerteste Erscheinung in der Vulkankette Griechenlands bietet der Vulkan von Santorin. Es ist dies die südlichste Insel der Cykladengruppe und bildet mit der westlich von ihr gelegenen Insel Therasia und der Klippe Aspronisi zusammen den noch übrig gebliebenen Teil eines Kraters, bezw. des Randes desselben. Der Krater ist vom Meere bedeckt worden und stellt jetzt ein rundes, bis 390 m tiefes und 11 km langes Becken dar. Die Inseln sind ganz aus Lava und Tuff aufgebaut und stürzen gegen das Innere des Kraters zu steil ab, wogegen sie nach außen hin sanft abfallen. Der Kraterrand war schon in vorhistorischer Zeit zerrissen worden; seither haben aber im Innern des Kraterbeckens wiederholt Ausbrüche stattgefunden, deren Auswurfsmaterial mehrere kleine Inseln gebildet hat. Schon 197 v. Chr. entstand auf diese Weise das Eiland Hiera und zwei weitere bildeten sich in der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts n. Chr., die aber bald wieder verschwanden, wogegen Hiera sich im Laufe der folgenden Jahrhunderte zuerst wesentlich vergrößerte, 1457 aber teilweise versank. Weitere Neubildungen entstanden 1570 und 1707 bis 1711, und bei der letzteren fanden in der Zeit von Ende Januar 1866 bis Ende Oktober 1870 heftige Ausbrüche statt. Es erhob sich hier der Georgvulkan und aus aufquellenden Lavamassen wurde die Insel Aphroessa nebst mehreren anderen kleinen Inselchen gebildet. Aphroessa verband sich später mit der 1707 bis 1711 entstandenen Insel Nea-Kaineni zu einem Ganzen. Der Georgsvulkan wurde zum Schrecken des ganzen Archipels; schon am 20. Februar zerplatzte er mit außerordentlicher Gewalt, spie eine fast 300 m hohe Dampfsäule aus und verbrannte Schiffe und Menschen. Die Ausbrüche haben seither nachgelassen, aber noch immer nicht völlig aufgehört; immerhin kann man annehmen, daß die vulkanische Thätigkeit hier in ihr letztes Stadium eingetreten ist.

Wir wollen nun unser Augenmerk einigen Vulkanen in anderen Erdteilen zuwenden und beginnen mit Asien, das namentlich an seinem Südrande eine lebhafte vulkanische Thätigkeit aufzuweisen hat.

Kein Land der Erde besitzt auf gleichem Raume eine auch nur annähernd so große Zahl thätiger Krater, als die Sunda-Inseln. Dr. Franz Kronecker, der 1895 jenes Gebiet bereist hatte, schreibt darüber: „Eine ununterbrochene Kette von Vulkanen zieht sich durch die ganze Länge Sumatras ostwärts, durch Java, über Bali, Lombock, Sumbova, Flores, um sich dann nordwärts zu wenden, über Banda, Amboina und die Ternataanischen Inseln. Hierauf streift der Vulkangürtel gerade noch die Nordspitze von Celebes, worauf derselbe sich, seine Nordrichtung im Wesentlichen beibehaltend, über die Sangi-Inseln und die Philippinen nach dem Japanischen Inselreiche und bis Kamtschatka hinauf schwingt, während ein kurzer, südwestwärts streichender Ast von Flores gegen Timor hinabreicht, ein anderer nordöstlich nach West-Neu-Guinea abzweigt, um dort im Vulkan Arfak an der Geelvink-Bay (Holländisch Neu-Guinea) zu enden.

Die Anzahl der thätigen Feuerberge innerhalb dieses weiten Gebietes auch nur annähernd bestimmen zu wollen, dürfte auf große Schwierigkeiten stoßen. Eine lange Reihe der erloschenen Vulkane schlummert eben nur, um ganz unerwartet von neuem in Thätigkeit zu treten, und selten vergeht ein Jahr, wo nicht hier oder da ganz neue Krater entstehen.

Aber noch weit gewaltigere Umwälzungen giebt es, von welchen jener Archipel häufig genug heimgesucht wird; ganze Inseln tauchen aus dem Meeresgrunde auf, andere verschwinden krachend in der Tiefe, und bezeichnend ist ein Ausspruch, welchen der liebenswürdige Kapitän der „India" mir gegenüber that, als wir auf der Fahrt von Brisbane (Queensland) nach Batavia die prachtvollen, mit schlanken Vulkankegeln geschmückten Küsten der kleinen Sunda-Inseln passierten: ‚Anderswo in der Welt', so äußerte er, ‚würde man einen groben Fehler in der Navigation vermuten, falls eine auf den Karten verzeichnete Insel zu der gehörigen Zeit und am gehörigen Platz nicht in Sicht kommt. Hier in diesen Meeresstraßen hingegen ist man nie sicher, ob man eine alte Bekannte nach einem Zeitraum von wenigen Monaten wiedersieht. Wer weiß, ob sie nicht geborsten und zerschmettert im Schoße des Meeres ruht. Und auf der anderen Seite darf man sich nicht irreführen lassen, wenn an anderer Stelle irgend ein Riff, ein Berg, ja eine größere Insel auftaucht, von welcher die Karte nichts erzählt. Sie mag in der Zwischenzeit aus der Tiefe emporgestiegen sein, ein Wahrzeichen, welch ungeheuren Revolutionen unser Erdball noch immer ausgesetzt ist.'

Grauenerregend sind die Katastrophen, welche eine derartige Umwälzung nur zu oft im Gefolge hat. Durch Vulkanausbrüche werden dort nicht selten mehr Ortschaften vom Erdboden vertilgt, als an anderen Stellen der Erde Einzelindividuen.

Wohl die furchtbarste aller Elementarkatastrophen dieses Jahrhunderts spielte sich ja ebenfalls innerhalb dieses Inselgebietes ab; es war die Eruption des Krakatau, welche wohl noch in aller Erinnerung lebt. Die kleine, bis dahin kaum beachtete Insel in der Sundastraße, ungefähr in der Mitte zwischen Sumatra und Java, sollte in Zeit von wenigen Monaten zu einer entsetzlichen Berühmtheit gelangen. Fast 200 Jahre lang, seit 1689, hatte ihr Vulkan geschlummert. Da fing er im Mai 1883 wieder zu speien an, aber noch ahnte niemand die Bedeutung jener Naturerscheinung, bis drei Monate später, am 28. August, der Feuerberg infolge der gewaltigen Dampfspannung, verursacht durch das Nachdringen des Seewassers in die Nebenkrater, barst und der größte Teil desselben ins Meer hinab brach. Die Folge dieses Ereignisses war eine Erhebung des Meeresniveaus um nicht weniger als 30 Meter. Die Sturmflut, welche hierdurch verursacht wurde, dürfte wohl die schrecklichste und folgenschwerste sein, welche bisher auf unserer Erde in historischer Zeit gewütet. Die ganze reichgegliederte, ausgezeichnet kultivierte und dichtbevölkerte Südküste Sumatras, die ihr in dieser Hinsicht nicht nachstehende Westküste Javas, sowie ein Teil der Landschaft Bantam wurden innerhalb weniger Stunden überflutet, das ganze Land verwüstet, viele Hunderte von Ortschaften fortgespült und mehr als 70 000 Menschenleben vernichtet. Verarmt, elend und entvölkert haben die von jener schrecklichen Katastrophe heimgesuchten Distrikte erst in den letzten Jahren unter freigebiger Unterstützung der holländischen Regierung sich zu erholen begonnen.

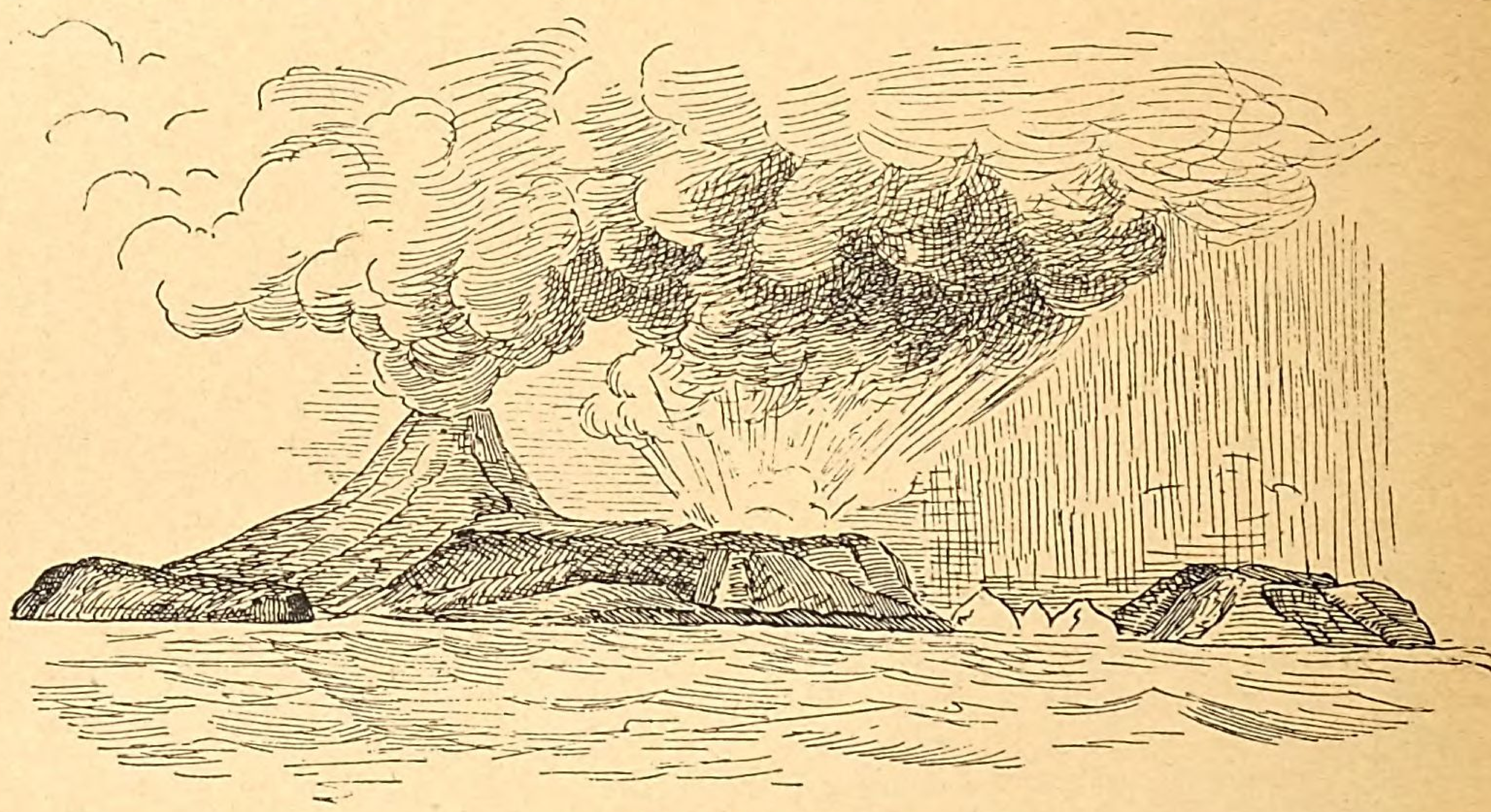
Die Eruptionsgewalt des Krakatau, von welchem nur noch die Südwand stehen geblieben ist*), war eine so kolossale, daß die Asche bis hinauf in die dünnsten Luftschichten gerissen und dort suspendiert wurde. Von ihr rührten jene schönen Dämmerungserscheinungen her, welche wir in Europa Monate lang während der Abendstunden bemerkten und welche den Gelehrten viel Kopfzerbrechen machten, bis man die richtige Deutung endlich fand."

Die Veränderungen, die an dem Krakatau infolge dieses Ausbruches stattgefunden haben, schildert Neumayr in folgender Weise: „Am 26. August bildete er eine Insel von $33^1/_2$ qkm, mit einem großen Vulkankegel von 822 m Höhe und zwei kleineren Kratern;

---

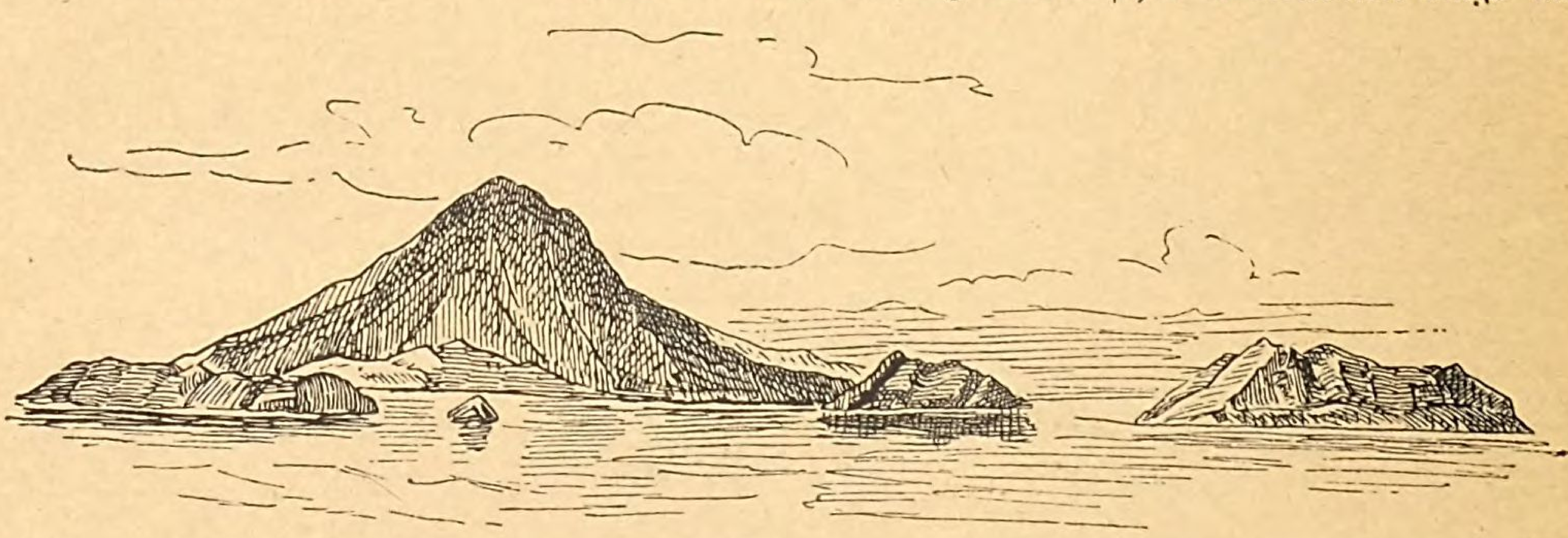
*) Unsere Abbildungen auf S. 266 zeigen die Gestalt des Krakatau während des Ausbruches und nach demselben nach Zeichnungen von E. Metzger.

aus einem von diesen letztern brach die große Eruption hervor. Am 28. August war der größere Teil der Insel im Meer verschwunden, nur $10^1/_2$ qkm von der alten Insel waren übriggeblieben. An den Rändern dieser Ruine aber waren breite Streifen von vulkanischen Produkten neu angeschwemmt worden, so daß der neue Krakatau jetzt eine Ausdehnung



Der Krakatau
während des Ausbruches.

von $15^1/_2$ qkm hat. Der Bruch geht mitten durch den großen Kraterberg, von dem noch der eine Abhang 800 m hoch aufragt; in senkrechten Wänden stürzt er gegen das Meer ab, welches jetzt die Stelle des Kraters einnimmt. Wo früher festes Land war, sind jetzt Meerestiefen von 200 bis 300 m, aus deren Mitte eine einzelne Klippe hervorragt. Es kann sich hier nicht um eine große Senkung handeln, da außerhalb des Kraterbereiches selbst das Meer nirgends tiefer, sondern infolge der Aufschüttung vulkanischer Materialien rings um



Der Krakatau
nach dem Ausbruch.

Krakatau seichter geworden ist. Offenbar haben wir es nur mit den Wirkungen der vulkanischen Explosion zu thun, welche den verschwundenen Teil der Insel entweder unmittelbar in die Luft sprengten oder mittelbar, indem der Berg einstürzte und seine heruntergebrochenen Trümmer, welche sich auf die Ausbruchsöffnung legten, hinweggeschleudert wurden."

„Von all den zahlreichen Inseln des Sundaarchipels zeichnet sich“, wie Kronecker schreibt, „Java durch die große Anzahl seiner Vulkane vor allen anderen aus. Mohnicke giebt in seinem Werke: „Pflanzen- und Tierleben in den Niederländischen Malayenländern“, publiziert 1883, 44 als die Zahl der thätigen Feuerberge auf Java an, indessen rechnet man jetzt mehr als 500 zusammen. Da die Größe Javas 2313 Quadratmeilen beträgt, so dürfte sich kein Land der Welt in Hinsicht auf die Anzahl seiner aktiven Krater auch nur annähernd mit Java messen können. Ebenso nimmt die Insel in Beziehung auf die Dimensionen der einzelnen dort vorhandenen Vulkane die erste Stelle ein. Java nennt nicht den höchsten, wohl aber, was seine Flächenausdehnung betrifft, größten aktiven Vulkan des Planeten sein eigen. Es ist dies der auf dem Tenggergebirge in Ost-Java gelegene Bromo, welcher, unter allen thätigen Kratern der Erde weitaus der größte an Umfang, nur noch von einem einzigen erloschenen Krater, dem Haleakala auf dem zu den Sandwich-Inseln gehörenden Eilande Maui, vielleicht übertroffen wird.“

Die im Jahre 1895 ausgeführte Besteigung des Bromo, dessen Thätigkeit sich zur Zeit auf einen einzelnen seiner Auswurfskegel beschränkte, schildert Kronecker folgendermaßen: „Ueber Sand und brüchige Lava geht es aufwärts; bald müssen die Pferde zurückbleiben, und mit einem meiner Gefährten klimme ich die schwache Bambusleiter hinan, welche die Regierung anlegte, um den Touristen die Ueberwindung der letzten, sehr steilen Partie des Kraterrandes zu erleichtern.

Grau und düster schaut der Himmel aus, stechende Schwefelgase machen das Atmen beschwerlich, aber vorwärts dringen wir und bald stehen wir am oberen Kraterrande des eigentlichen Bromo.

Schrecklich und erhaben ist der Einblick in den tiefen Feuerschlund. Senkrecht stürzen die Innenwände des Kraters ab, bestehend aus hellem Trachyt, verkleidet mit schiefergrauer Asche. Tief drunten verjüngt sich der Schacht zu einem Trichter, auf dessen Boden es gar unheimlich herzugehen scheint. Da wallt, siedet und brodelt es, eine echte Hexenküche. Aus breiten, klaffenden Rissen im Trachytgestein zischen dicke, weiße Dampfsäulen empor; feine, blaue Rauchwölkchen, welche wir an anderer Stelle beobachten, sind für den Kenner vulkanischer Erscheinungen von ominöser Bedeutung. Treten doch hier jene stechenden, giftigen Gase an das Tageslicht, welche den Aufenthalt am Rande oder gar auf dem Boden eines thätigen Vulkans für den Sterblichen so oft lästig oder selbst gefährlich machen, namentlich schwefelige und salpetrige Säure. Etwa in der Mitte des Kraterbodens aber quillt aus tiefer Spalte ein Strom rotglühender Lava, um an der Luft bald zu erstarren.

Eine Viertelstunde ist es uns vergönnt, an dem düsteren, grandiosen Bilde unsere Augen zu weiden; da setzt ein heftiger Regen ein und treibt uns zum Rückzuge. Und es ist die höchste Zeit, denn der Regen entfacht die unterirdischen Mächte zu wilder, heißer Arbeit. Kaum haben wir den Kraterrand hinter uns und klimmen die steile Bambusleiter hinab, da entsteigen schwarze Rauchsäulen dem Schlunde, untermischt mit jenen giftigen Gasen, und im Augenblick ist der ganze obere Rand, auch die Stelle, wo wir vor wenigen Minuten standen, von grauschwarzem Gewölk eingehüllt.

Nicht immer besitzt der Kraterboden des Bromo das oben geschilderte Aussehen, wie er es während meiner Anwesenheit am 13. März 1895 bot. Schon nach unbedeutenden Eruptionen zeigt er ein völlig verändertes Gesicht. Die meisten Bewohner erwähnen eines kleinen grünen Sees oder grauweißen Schlammpfuhls, welcher häufig den größten Teil des Bodens bedeckt, während nur ein Ventil verbleibt, dem Wasserdampf und Gase entströmen. Dann sinkt wieder einmal der ganze Boden des Kraters weg und man blickt hinab in scheinbar bodenlose Tiefe. Junghuhn hatte Gelegenheit, von jener Umwälzung sich mit eigenen Augen zu überzeugen. Bei seiner ersten Bromobesteigung im Jahre 1838 bestand an der Westseite ein blaugrüner See. Als er im Jahre 1844 den Berg einer erneuten Durchforschung unterzog, war Alles verschwunden, der Boden in dem Krater versunken und der Schlund um zwei Dritteile tiefer geworden, als er sechs Jahre vorher sich ihm selbst präsentiert hatte. Es traf sich gut, daß während der Zwischenzeit der Bromo von

einem anderen Gelehrten besucht und beschrieben wurde, nämlich im Jahre 1840 von Dr. Bleeker. Dieser fand damals den ganzen Kraterboden von einem See eingenommen."

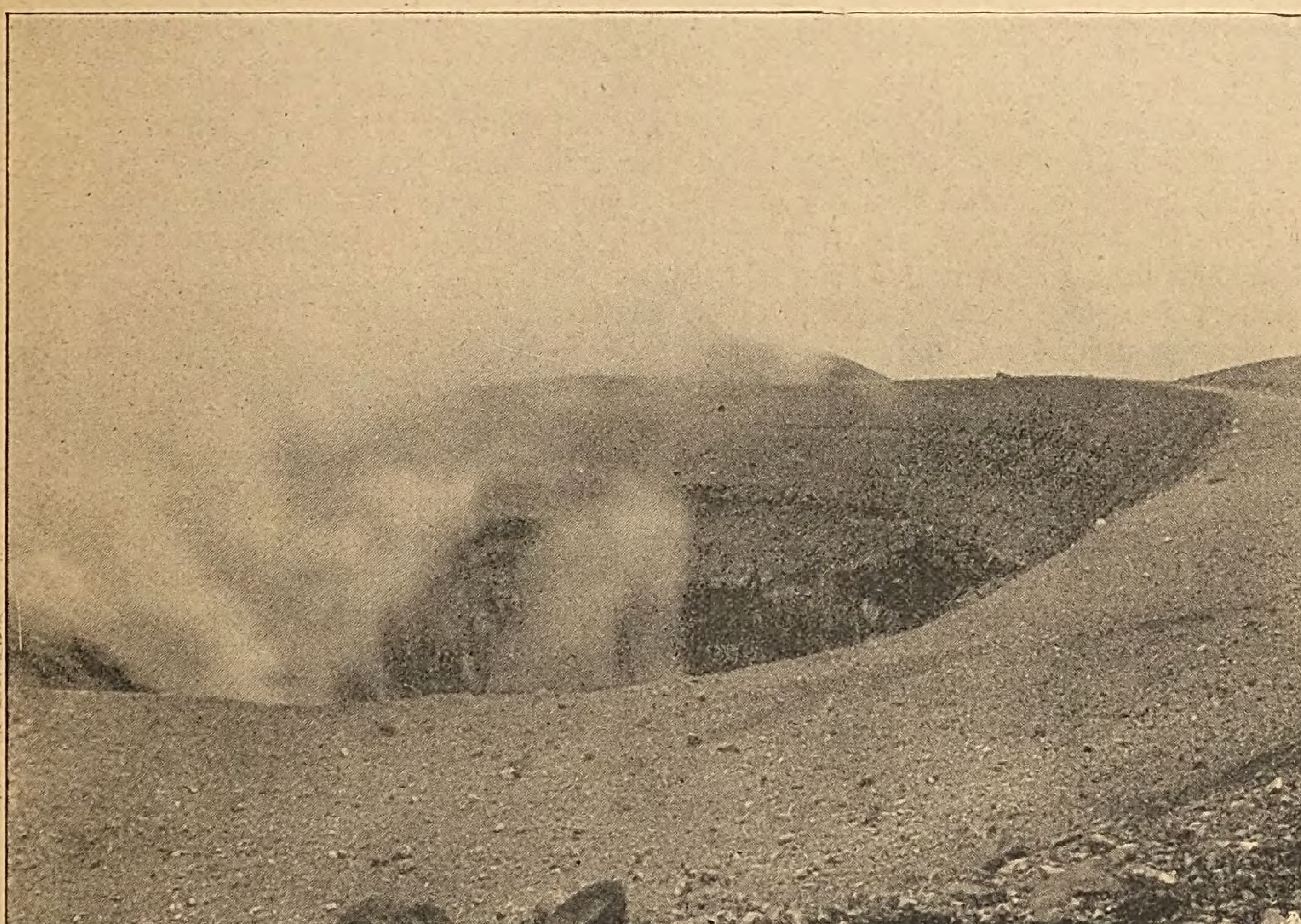
An diesen Feuerberg knüpft sich eine Volksüberlieferung, die Veranlassung geworden ist zu Festlichkeiten ganz eigentümlicher Art, wie sie die Bewohner des Tenggergebirges alljährlich am Krater des Bromo begehen. Kronecker schreibt darüber: „Kiahi-Dadap-Putti, einer der einheimischen, der brahmanischen Religion huldigenden Häuptlinge, entrann mit einer Handvoll seiner Leute dem Blutbade, welches der Eroberung des mächtigen ostjavanischen Reiches Modjopahit durch die Mohammedaner folgte, eine Begebenheit, welche gegen Schluß des 15. Jahrhunderts n. Chr. sich zutrug. Er floh nach dem nahen Tengger, welches damals noch keine Spuren vulkanischer Thätigkeit zeigte, und flehte den Gott Bromo um Hilfe gegen die mohammedanischen Eindringlinge und zugleich um 25 Söhne an, mit dem Gelöbnis, alle diese Söhne dem Dienst der Gottheit weihen zu wollen. Dewo Bromo erhörte die Bitte des frommen Kiahi; die Nachstellungen der Mohammedaner nahmen ein Ende, und nunmehr folgten auch die dem alten Glauben treu gebliebenen Bewohner der Ebene von Malang westlich vom Tengger dem Beispiele der Flüchtlinge von Modjopahit und vereinigten sich mit ihnen, um an den Abhängen des Tengger Ortschaften zu gründen und dort fortan in Frieden und Eintracht zu hausen. Dankbar für diesen Segen, verliehen die Tenggeresen dem Berge ihrer Wohnstätten den Namen Bromo. Danach öffnete sich sein Gipfel, aus welchem fortan die Gottheit zu den Sterblichen redet, in Donner, Blitz und Qualm. So kommt es, daß die Bewohner jenes Gebirges noch heute der alten Religion Brahmas, Vischnus und Siwas anhangen, freilich gemengt mit viel islamitischem Ceremoniell, während die übrige Bevölkerung Javas, mehr als 23 Millionen Menschen, sich fast durchweg zum Islam bekennt . . ."

Auch die Nachbarinsel Sumatra besitzt 19 Vulkane, von denen sechs noch thätig sind. Von diesen ist der Indrapura oder Korintjo mit 3766 m der höchste, die übrigen weisen Höhen von 3167 m bis zu 2917 m auf. Unsere Abbildung auf S. 269 zeigt den Krater des 2917 m hohen Merapi, dessen Krater durch seine außerordentlich regelmäßige Trichterform, die die schichtenweise Bildung des Eruptivkegels deutlich erkennen läßt, auffällt. Eine Besteigung dieses Vulkanes, die Anfang Oktober 1897 von Alfred Maaß ausgeführt wurde, beschreibt dieser Reisende folgendermaßen:

„Um $^3/_4$7 Uhr früh setzte sich unsere kleine Karawane in Bewegung. Steil ansteigend führte der Fußpfad durch dichtes Gestrüpp. Farnkräuter, Orchideen, sowie ein guter Baumwuchs waren noch reichlich in dieser Höhe (ca. 2000 m) vorhanden. Gegen $^3/_4$8 Uhr erreichten wir nach einer angreifenden Klettertour, da der Pfad oft stufenförmig wurde, den schwarzen Lavakegel des Berges, der sich leicht in $^1/_4$ Stunde erklimmen ließ. Bald darauf sahen wir heiße Wasserdämpfe aus einer Gesteinsspalte dringen. Moose und Algen fristen auf dem rötlich-gelben Gestein ihr Dasein. Einige Minuten bequemen Wanderns führten uns über den öden, mit Lavasteinen besäeten Rand zu dem schönen typischen Hauptkrater, ca. 150 m breit, 100 m tief, der dichte Schwefeldämpfe aus einer Stelle seines Grundes ausstieß, solche aber auch aus Spalten der Seitenwand aufsteigen ließ. Gut ließ sich an den Wänden des Kraters die bandförmige Formation der einzelnen Schichtenbildungen erkennen. Ursprünglich schienen mehrere Krater an verschiedenen Stellen vorhanden gewesen zu sein; jetzt macht es den Eindruck, als wenn der heutige Hauptkrater aus drei sich übereinander schichtenden Randbildungen entstanden wäre, wovon der Innenkrater zur Zeit noch ganz in seiner typischen, trichterförmigen Form erhalten war, während ringförmige Randwälle die Reste der früheren beiden Wände bezeichnen. Leider erreichten wir den äußersten Gipfel (die sogenannte Pyramide) der am weitesten nach außen gelegenen Wand nicht, da wir fürchten mußten, von dem scharfen Grat wegen des herrschenden starken Windes abgeweht zu werden; zu dem klapperten uns bei 18° R. die Zähne und zitterten die Glieder durch Ueberanstrengung. Trotzdem hatte ich's versucht, bis zum Grat auf allen Vieren heranzuklettern, kam jedoch ins Rutschen und mußte durch einen Träger heraufgezogen werden. Ich sah nun vom Grat aus, auf dem ich ritt, das Suckara-Meer und

die typische Landschaft Sumatras. Beim Abstieg versuchten unsere Führer durch Herabrollen großer Steine in den Krater, die sich überschlugen und furchtbar polternd unten ankamen, denselben zu reizen, und es gelang auch öfter, größere Rauchwolkenbildungen zu erzielen. Ein Herabsteigen bis zu dem Grund des Kraters konnten wir wegen der mit schwefliger Säure geschwängerten Dämpfe nicht unternehmen. Seit langen Jahren ist der Vulkan ruhig, während er in früherer Zeit große Verheerungen angerichtet hat."

Wenden wir uns nun dem nördlichen Teile Asiens zu, so finden wir eine vulkanische Bruchzone, die von den Marianneninseln her über 25 Breitengrade sich erstreckt und die Bonininseln, die japanische Provinz Izo, den gewaltigen Vulkan Fusijama und die Vulkane der Provinz Shinano umfaßt, welch letztere ungefähr in der Mitte der Insel Nipon, der Hauptinsel des japanischen Reiches, gelegen ist. Nur wenige von den japanischen Vulkanen



Krater des Merapi.
Nach einer Originalaufnahme von Alfred Maaß.

sind noch thätig; einer von ihnen, der 1840 m hohe Bantaisan, richtete, nachdem er ein Jahrtausend geruht hatte, im Jahre 1888 gewaltige Verheerungen an. Die Wirkungen des Vulkanismus äußern sich auf Japan weit weniger in vulkanischen Ausbrüchen, als in Erdbeben und diese zeichnen sich ebenso sehr durch Häufigkeit als durch Heftigkeit aus. Besonders häufig sind die Erdbeben an der dem Stillen Ocean zugekehrten Seite, und der nördliche Teil des Inselreiches von Jesso bis zum mittleren Nipon herab ist am häufigsten von dieser Landplage heimgesucht. Am 28. Oktober 1891 zerstörte ein Erdbeben einen beträchtlichen Teil der Städte Gifu, Ogaki und Nagoja; über 100 000 Häuser wurden durch dasselbe niedergeworfen und 8000 Menschen verloren ihr Leben. Der höchste Berg Japans, der Fusijama, erhebt sich, etwa 30 km von der Südostküste entfernt, zu 3745 m ü. M. und bildet einen vulkanischen Kegel von reinster Form. Er soll nach der historischen Ueberlieferung der Japaner zu einer Zeit, die unserem Jahr

286 v. Chr. entspricht, sich plötzlich erhoben haben, wobei gleichzeitig eine Strecke Landes versank und an deren Stelle der Biwarsee entstand. Nachdem der Fusijama im 8., 9., 10., 11., 17. und 18. Jahrhundert — das letzte Mal 1707— Ausbrüche gehabt hatte, setzte er sich zur Ruhe und seither ist sein Gipfel während der in die Sommermonate Juli und August fallenden schneefreien Zeit ein vielbesuchter Wallfahrtsort. Der Krater an der Spitze dieses Vulkans hat eine Tiefe von 500 m.

Auf der Halbinsel Kamtschatka setzt sich die vulkanische Kette von der Südspitze bis hinauf zum 62. Grad n. Br. fort; während sie sich im nördlichen Teile auf das Hervortreten von 21 heißen Quellen beschränkt, finden sich zwischen dem 58. und 57. Grad die ersten zur Zeit erloschenen Vulkane; von da an aber bis hinunter zur Südspitze der Halbinsel ist das ganze östliche Ufer sehr reich an Vulkanen, von denen sich 12 noch in Thätigkeit befinden. Unter diesen ist der 4877 m hohe Kljutschew, der zum letztenmale 1854 ausgebrochen ist, der höchste. Auch hier sind starke Erdbeben häufiger als Eruptionen. Die von der Südspitze Kamtschatkas bis in die Nähe der Insel Jesso sich hinabziehende Inselkette der Kurilen ist durchaus vulkanischer Natur, und von den 52 vulkanischen Bergen, die sich auf ihr erheben, sind mindestens 17 noch in Thätigkeit, wie auch zahlreiche heiße und Schwefelquellen und häufige Erdbeben die vulkanische Natur derselben bekräftigen. Ebenso bilden die Aleuten mit ihren anderthalb hundert Inseln ein Bindeglied zwischen den Vulkanketten, die sich längs der Küsten Amerikas und Asiens am Großen Ocean hinziehen. Man kann diese Inselkette als eine Fortsetzung der auf der Halbinsel Alaska emporsteigenden Hochgipfel betrachten. Bis in die vierziger Jahre unseres Jahrhunderts äußerte sich hier eine ziemlich rege vulkanische Thätigkeit, doch hat sich dieselbe zur Zeit dermaßen abgeschwächt, daß sie sich nur noch durch öfters eintretende leichte Erdstöße und von Zeit zu Zeit den Vulkanen entströmende Rauchsäulen kundgiebt.

Das australische Festland hat nur an seiner Ostecke, in Viktoria, eine dichte Gruppe von Kratern aufzuweisen; dagegen ist das aus zwei großen Inseln bestehende Neuseeland der Schauplatz einer ebenso großartigen als formreichen vulkanischen Thätigkeit, und von besonderem Interesse ist der Gegensatz, der hier zwischen den beiden, nur durch eine schmale Meeresstraße getrennten Inseln besteht. Kronecker schreibt darüber in seinem „Wanderungen in den südlichen Alpen Neuseelands“ betitelten, 1898 erschienenen Buche: „Schon den oberflächlichen Beobachter, welcher sich an einem flüchtigen Streifzuge durch die beiden Hauptinseln genügen läßt, muß der große Kontrast überraschen zwischen der Nord-Insel, dem North Island, und der Süd-Insel, dem offiziell als Middle Island bezeichneten Gebiete. Getrennt durch eine an ihrer schmalsten Stelle knapp 20 engl. Meilen breite Meeresstraße, die Cook Strait, zeigen sie eine Verschiedenheit in ihrem Bau und in ihrer Gestaltung, als wären sie viele hunderte von Meilen von einander entfernt.

Auf der Nord-Insel ist die alles beherrschende Gewalt das Feuer. Findet sich auch augenblicklich dort nur ein thätiger Feuerberg ersten Ranges, der Tongariro, wenige Meilen südlich von Lake Taupo gelegen, so ist die Zahl der erloschenen Krater dafür eine unermeßlich große. Ich will nur daran erinnern, daß der Reisende vom Gipfel des Mount Eden bei Auckland, der selbst ein ausgebrannter Vulkan mit stattlichem Krater ist, mehr als 20 kleine erloschene Vulkankegel übersieht. Daß aber die unterirdischen Mächte hier immer noch unausgesetzt an der Arbeit sind, äußert sich in der langen Reihe kochend heißer Quellen und umfangreicher siedender Seen, die teilweise große Mengen Schwefel enthalten, ferner in einer beträchtlichen Zahl von Heißwasser- und Schlamm-Geysern, Dampflöchern, Schwefel- und Alaun-Grotten, Terrassen, sowie einigen zierlichen, kaum 12 m hohen, noch thätigen Liliputvulkanen. Letztere, deren Schauplatz das wunderbare Waiotopu Valley, einige Meilen vom Lake Rotorura bildet, imponieren als zierliche, aus goldgelbem krystallinischen Schwefel bestehende Kegelchen und scheinen zu einer genaueren, manuellen Untersuchung geradezu herauszufordern. . . . . Wie verheerend die Thätigkeit jener schlummernden Mächte zu werden vermag, das hat die fürchterliche Katastrophe bewiesen, welche sich in der Schreckensnacht vom 10. zum 11. Juni 1886 ereignete, als der Mount Taravera, ein völlig unschuldig

dreinschauender, mit dichtem Wald bestandener Bergrücken, krachend aufbrach, und eine Feuer- und Aschensäule ausspie. Zahlreiche der umliegenden Maori-Ortschaften wurden unter Schutt und Asche begraben; ganze Stämme Eingeborener fanden ihren Untergang und zwei der reizvollsten Gebilde, welche die Natur je geschaffen, die White und die Pink Terrace, fielen der Eruption zum Opfer.

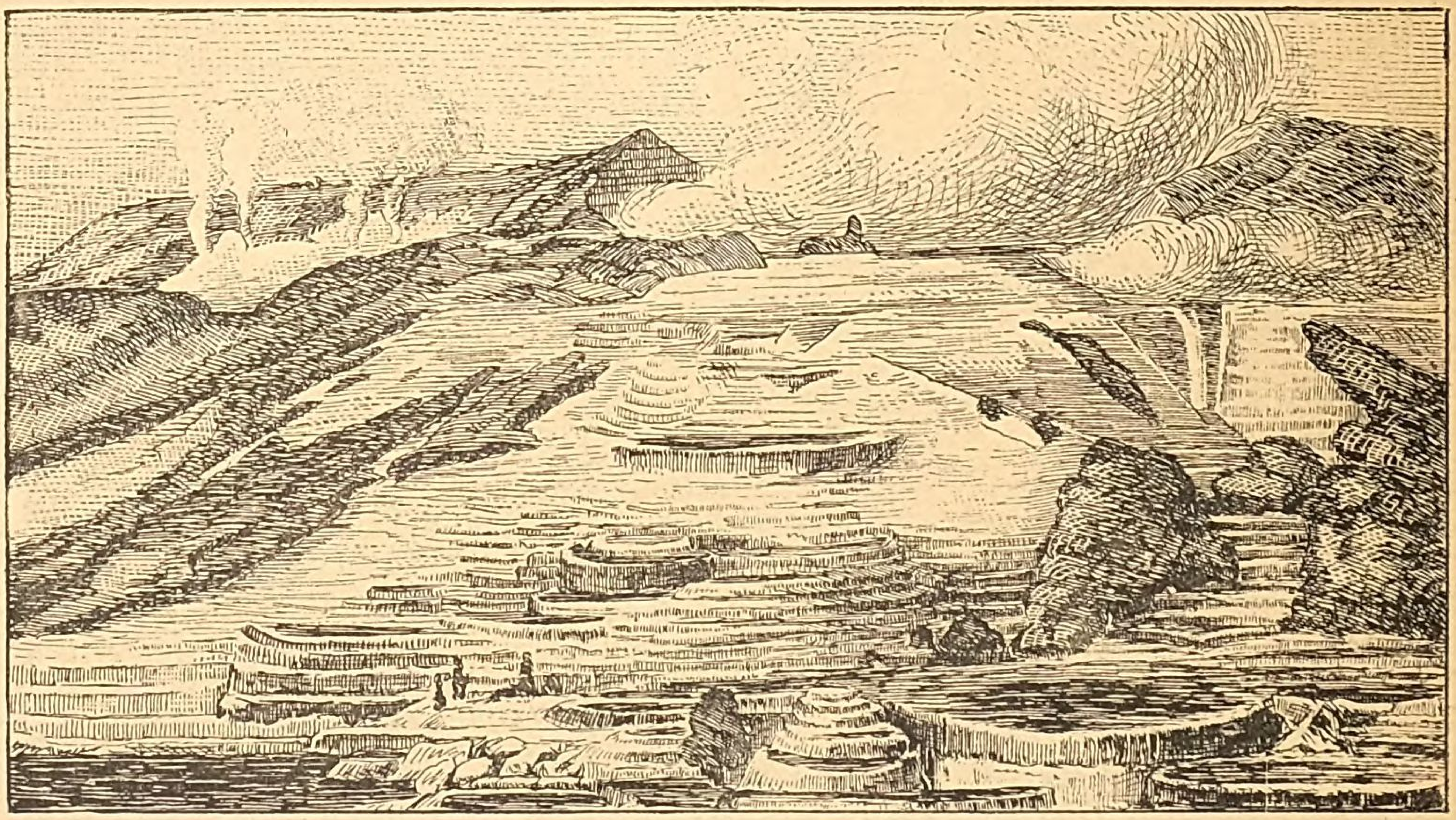
Wie ganz anders dagegen die Süd-Insel. Spuren vulkanischer Thätigkeit zeigen sich hier nur in sehr beschränktem Maße; man trifft dieselben besonders an der Ostküste nahe Christchurch, wo der vom Meere ausgefüllte Krater von Littleton einen der besten der an guten Häfen so reichen Neu-Seelands-Küste darstellt. Im Uebrigen zeigt die ganze Süd-Insel mehr europäisches Gepräge, ja sie weist eine in manchen Punkten frappante Aehnlichkeit mit der Apenninischen Halbinsel auf. Langgestreckt wie jene, wird auch sie durchzogen von einem Gebirge, welches gleichsam ihr Rückgrat darstellt und die Insel in ihrer ganzen Länge durch beinahe 5 Breitengrade von der Cook-Straße im Norden bis fast zur Foveaux-Straße im Süden durchsetzt, immer der Westküste parallel streichend und derselben meist bis auf wenige Meilen sich nähernd."

Der österreichische Geologe Ferdinand von Hochstetter (1829—1884) hatte in den Jahren 1857 bis 1859 anläßlich einer von dem österreichischen Kriegsschiffe „Novara" zu wissenschaftlichen Zwecken angestellten Erdumsegelung Gelegenheit, die geologischen Verhältnisse Neu-Seelands genau kennen zu lernen und die größte Sehenswürdigkeit dieser Inseln, den See Rotomahana, noch in seiner ganzen Herrlichkeit zu schauen. Seither ist infolge des eben erwähnten Durchbruches eines Kraters des Taravera-Vulkanes im Juni 1886 der See zerstört worden und an seiner Stelle eine Wildnis von tiefen Schlünden und die Luft verpestenden Fumarolen entstanden. Hochstetter schreibt: „Ich glaube nicht, daß der erste Eindruck, welchen der kleine schmutzig grüne See mit seinen sumpfigen Ufern und den öde und traurig aussehenden baumlosen, nur mit Farngestrüpp bewachsenen Hügeln, die ihn umgeben, macht, irgend den Erwartungen eines Reisenden entspricht, der so viel von den Wundern dieses Sees gehört hat. Er entbehrt jeglicher landschaftlichen Schönheit; das, was ihn zu einem der merkwürdigsten aller Neu-Seeland-Seen, ja zu einem der merkwürdigsten Punkte der ganzen Welt macht, muß ganz aus der Nähe betrachtet werden und liegt für das Auge des Ankommenden zumeist versteckt. Nur die überall aufsteigenden Dampfwolken lassen ihn ahnen, daß es hier wirklich etwas zu sehen giebt.

Wir ließen uns auf der Insel Puai, einer Felsklippe im See, nieder, wo für zeitweilige Besucher kleine Hütten errichtet sind. Ich glaube aber, wer nicht wüßte, daß hier schon andere vor ihm wochenlang gewohnt haben, der würde sich nach näherer Untersuchung des Platzes nur schwer entschließen, auch nur eine Nacht hier zuzubringen. Es ist kaum anders, als ob man in einem thätigen Krater wohnen würde; rings um sich hört man fortwährendes Sausen und Brausen, Zischen und Kochen, und der ganze Boden ist warm. In der ersten Nacht fuhr ich erschreckt auf, weil es in der Hütte auf dem Boden, wo ich lag, trotz einer dicken Unterlage von Farnkraut und trotz der wollenen Decken, die mein Lager bildeten, nach und nach von unten her so warm wurde, daß ich es nicht mehr ertragen konnte. Ich untersuchte die Temperatur, stieß mit dem Stocke ein Loch in den weichen Thonboden und steckte das Thermometer hinein; es stieg augenblicklich auf Siedehitze, und als ich es wieder herauszog, strömte heißer Wasserdampf zischend hervor, so daß ich das Loch eiligst wieder verstopfte. In der That ist die Insel nichts Anderes als ein zerrissener, zerklüfteter und durch heiße Dämpfe und Gase zersetzter lockerer Fels, der, förmlich weich gekocht, in dem warmen See zu zerfallen droht. Ringsum sprudelt teils über, teils unter dem Wasserspiegel heißes Wasser hervor, und an unzähligen Stellen strömt heißer Wasserdampf aus, den wir nach Anleitung der Eingeborenen zum Kochen gebrauchten. Wo man nur ein wenig in die Erde grub oder die vorhandenen Felsspalten von den Krusten reinigte, die sich darin gebildet hatten, da war der Ofen fertig, auf dem man über ausgebreiteten Farnkräutern die Kartoffeln und das Fleisch in Dampf kochen konnte.

Der Rotamahana ist einer der kleinsten Seen der Seegegend; den Namen „warmer See" führt er mit vollem Rechte, die Menge kochend heißen Wassers, welche an den Ufern und auf dem Boden des Sees dem Boden entströmt, ist kolossal, und natürlich wird der See davon ganz erwärmt. Versucht man es, die Temperatur zu bestimmen, so findet man, daß diese an verschiedenen Punkten sehr verschieden ist. Wo aufsteigende Gasblasen andeuten, daß aus dem Boden des Sees eine warme Quelle entspringt, wird man das Thermometer oft auf 30—40 Grad C. steigen sehen; in der Nähe der Einmündung einiger kalter Bäche findet man nur 15—20 Grad C., als mittlere Temperatur kann man 26 Grad betrachten. Wenn man badet und ein Stück weit in den See schwimmt, so fühlt man recht gut den fortwährenden Wechsel der Temperatur, muß sich aber dabei wohl in acht nehmen, damit man heißen Quellen nicht allzu nahe kommt.

Das hauptsächlichste Interesse knüpft sich an das östliche Ufer: da liegen die bedeutendsten Quellen, welchen der See seinen Ruf verdankt, und die zum Großartigsten



Kieselsinter-Terrassen
an der heißen Tetarata-Quelle auf Neu-Seeland.
(Nach Ferd. v. Hochstetters „Neuseeland".)

gehören, was man überhaupt an heißen Quellen kennt. Obenan steht Tetarata (der Tätowierte) am nordöstlichen Ende des Sees; dieser gewaltige kochende Sprudel mit seinen weit in den See hinein reichenden Sinterterrassen ist das wunderbarste unter den Wundern des Rotamahana. Etwa 80 Fuß hoch über dem See, an einem mit Farn bewachsenen Hügelabhange, von welchem an zahlreichen, durch Eisenoxyd geröteten Stellen Wasserdämpfe entweichen, liegt in einem kraterförmigen, nach der Seeseite gegen Westen offenen Kessel mit Steinen, 30—40 Fuß hohen, rotzersetzten thonigen Wänden das große Hauptbassin des Sprudels. Es ist 80 Fuß lang und 60 Fuß breit und bis an den Rand gefüllt mit vollkommen klarem und durchsichtigem Wasser, das in dem schneeweiß übersinterten Becken wunderschön blau erscheint, türkisblau oder wie das Blau mancher Edelopale. Am Rande fand ich eine Temperatur von 38 Grad C., in der Mitte aber, wo das Wasser fortwährend mehrere Fuß hoch aufwallt, wird es Siedehitze haben. Ungeheure Dampfwolken, die das schöne Blau des Beckens reflektieren, wirbeln auf und verhindern meist den Anblick der ganzen Wasserfläche; aber das Geräusch des Aufwallens und Siedens

kann man stets deutlich wahrnehmen. Agutina, der Eingeborene, der mir als Führer diente, sagt aus, daß bisweilen plötzlich die ganze Wassermasse mit ungeheurer Gewalt ausgeworfen werde und daß man dann gegen 30 Fuß tief in das leere Bassin blicken könne, welches sich aber sehr schnell fülle. Die Bestätigung dieser Angabe wäre von großem Interesse; wenn dem so ist, so ist die Tetarataquelle ein in langen Perioden spielender Geysir, dessen Eruptionen an Großartigkeit vielleicht den berühmten Ausbrüchen des großen Geysirs auf Island gleichkommen. Das Tetaratabecken ist größer als das Geysirbecken, die ausgeworfene Wassermasse muß daher eine ungeheure sein.

Das Wasser besitzt in hohem Maße die Eigenschaft, zu versteinen oder, richtiger gesagt, zu übersintern und zu inkrustieren; der Absatz ist, wie bei den isländischen Quellen, Kieselsinter, und der Abfluß des Sprudels hat daraus am Abhange des Hügels ein System von Terrassen gebildet, die, weiß wie aus Marmor gehauen, einen Anblick gewähren, den keine Beschreibung wiederzugeben vermag. Es ist, als ob ein über Stufen hinstürzender Wasserfall plötzlich in Stein verwandelt worden wäre. Man muß diese Treppen hinaufgestiegen sein und die Einzelheiten der Struktur beobachtet haben, um den vollen Eindruck von dem wunderbaren Baue zu erhalten. Der weit ausgebreitete Fuß reicht nicht weit in den Rotamahama hinein; darauf beginnen die Terrassen mit niederen Absätzen, welche seichte Wasserbecken tragen; je weiter nach oben, desto höher werden die Terrassen, 2, 3, manche auch 4—6 Fuß hoch. Sie sind von einer Anzahl halbrunder Stufen oder Becken gebildet, von welchen sich jedoch nicht zwei in ganz gleicher Höhe finden. Jede dieser Stufen hat einen kleinen, erhabenen Rand, von welchem zarte Tropfsteinbildungen auf die tiefere Stufe herabhängen und eine bald breitere, bald schmälere Plattform, die ein oder mehrere im schönsten Blau schillernde Wasserbecken umschließt. Sie bildet ebenso viele natürliche Badebassins, die der raffinierteste Luxus nicht prächtiger und bequemer hätte herstellen können. Man kann sich die Bassins seicht oder tief, groß oder klein auswählen, wie man will, und von jeder beliebigen Temperatur, weil diejenigen auf den höhern, dem Hauptbassin näher gelegenen Stufen wärmeres Wasser enthalten als die auf den tieferen Stufen. Einige der Becken sind so groß und tief, daß man bequem darin umherschwimmen kann. Indem man die Stufen hinauf steigt, muß man in dem lauwarmen Wasser waten, das neben den tieferen Becken auf den Plattformen der Stufen sich ausbreitet, aber selten über die Knöchel reicht. Man darf sich keine dampfenden Kaskaden von Stufe zu Stufe denken; nur ausnahmsweise bei heftigen Wassereruptionen aus dem Hauptbassin mag das der Fall sein, für gewöhnlich rieselt wenig Wasser über die Terrassen, und nur der Hauptabfluß an der Südseite bildet einen heißen Bach mit dampfenden Wasserfällen. Hat man die höchste Terrasse erreicht, so befindet man sich auf einer breiten Plattform, in die mehrere 6—7 Fuß tiefe Badebassins eingesenkt sind, deren Wasser eine Temperatur von 30—50 Grad C. hat. In der Mitte dieser Plattform erhebt sich inselartig dicht am Rande des Hauptbeckens, ungefähr 12 Fuß hoch, eine mit Gebüsch, mit Moosen, Lykopodien und Farnen überwachsene Felsinsel, die man ohne Gefahr betreten kann, und von der man in den blauen, kochenden und dampfenden Kessel hinabblickt. Das reine Weiß der Sinterbildungen im Gegensatze zum Blau des Wassers, zum Grün der umgebenden Vegetation und dem intensiven Rot der nackten Erdwände des Wasserkraters, alles das zusammen giebt ein Bild, das einzig in seiner Art ist."

Das Festland von Afrika weist an verschiedenen Punkten vulkanische Bildungen auf, und besonders reich an Vulkankegeln ist das Hochland Abessiniens, das noch zur Zeit der Ptolemäer*) thätige Feuerberge gehabt haben soll. Vom 9. Grad nördl. Breite bis zum Aequator hinab ist die ostafrikanische Küste vulkanischen Charakters und hat noch

*) Ptolemäer nennt man die Nachkommen des Ptolemäus Lagi, eines Jugendfreundes und Feldherrn Alexanders des Großen, der bei der Teilung des Reiches nach dem Tode des Letzteren (323 v. Chr.) die Herrschaft über Aegypten an sich riß, worauf sich seine Nachkommen in derselben bis zum Jahre 30 v. Chr. behaupteten. Nach dem Tode der Kleopatra wurde Aegypten römische Provinz.

mehrere thätige Kegel aufzuweisen. Dagegen ist von thätigen Vulkanen im Innern dieses Erdteiles nichts Bestimmtes bekannt. Auf den afrikanischen Inseln zählt man 10 thätige Vulkane, auf dem Festland 17.

Um so reicher ist Amerika an vulkanischen Bildungen und thätigen Vulkanen. Mit Inbegriff Westindiens und der Antillen zählt man von diesen letzteren hier nicht weniger als 98, von denen mehr als der vierte Teil auf Central-Amerika fällt.

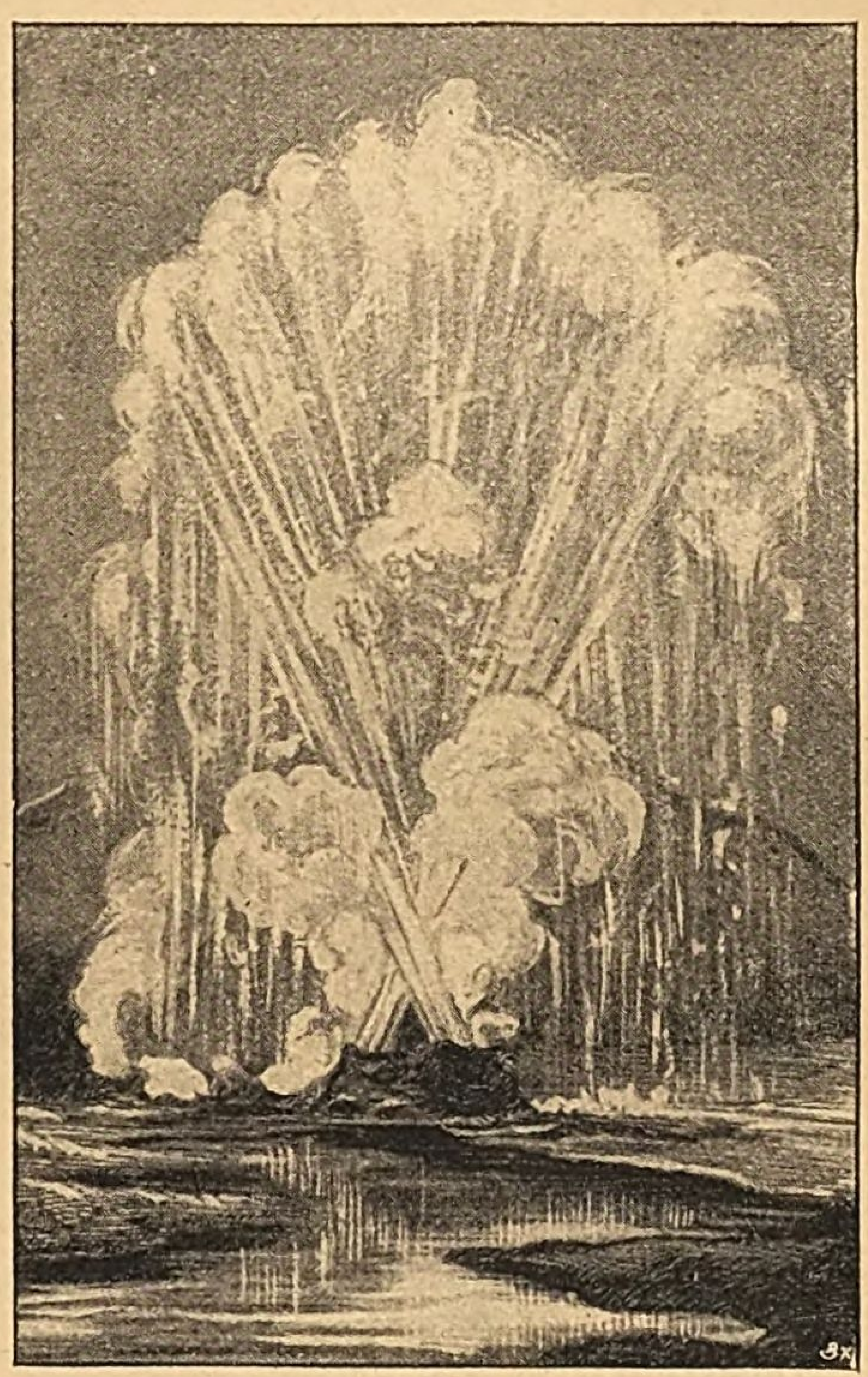
Berühmt sind die vulkanischen Riesen Mexikos, die einer quer durch das Festland vom Atlantischen zum Stillen Ocean verlaufenden Kette angehören und in dem bereits in das Stadium der solfataren Thätigkeit herabgesunkenen, etwa 5400 m hohen Popocatepetl gipfeln. Neben ihm mögen noch der Pic von Orizaba, der 5393 m hohe Citlaltepetl und der Vulkan von Tuxtla (1663 m) genannt werden, der 1793 einen Ausbruch hatte und auch gegenwärtig noch durch starkes Dampfen seine Thätigkeit verrät. Des im Jahre 1759 entstandenen Jorullo ist bereits ausführlich gedacht worden. Von den central-amerikanischen Vulkanen mag als bemerkenswert hervorgehoben werden, daß gerade diejenigen von ihnen, die sich durch heftigste Thätigkeit auszeichnen, von ganz unscheinbarer Höhe und geringem Umfange sind. Die thätigen Feuerberge Süd-Amerikas, unter denen der Sangai (5220 m) den ersten Rang einnimmt, sind meistenteils sehr weit von der Küste entfernt und man verweist daher mit Unrecht auf sie, wenn man damit den Lehrsatz bekräftigen will, daß die Lage in der Nähe der Meeresküste zu den charakteristischen Eigentümlichkeiten der Vulkane gehören.

Von besonderem Interesse ist das große Plateau, das sich zwischen der Sierra Nevada und den Rocky Mountains ausbreitet. Hier sind in den mächtigen Gebirgsketten, die dasselbe durchziehen, jüngere Eruptivgesteine in so reichem Maße aufgehäuft, wie man sie sonst nur noch in wenigen Gegenden der Erde sieht, und sogar aus jüngster Zeit werden vulkanische Neubildungen von dort berichtet, so aus den Jahren 1873 und 1877.

Im ehemaligen Territorium (jetzt Staat) Idaho trat an einem Punkte, der über 100 Meilen von der Küste entfernt liegt und wo bis dahin kein Vulkan bestand, am 9. August 1881 ein heftiger vulkanischer Ausbruch ein. Wie C. W. C. Fuchs berichtet, soll die Stelle dieser Eruption an der südlichen Abdachung der South Fork-Berge am Clear Water River gelegen sein (die Unsicherheit der Bestimmung erklärt sich aus der Unwirtlichkeit jenes Gebietes, das meistens nur von Jägern besucht ist). Augenzeugen berichten, daß Rauch und Feuersäulen von mehreren hundert Meter Höhe aufstiegen und weithin sichtbar glühende Lava über dem Abhang sich ergoß. Der Lavafluß hörte nicht früher auf, als der Rauch und Feuerschein, die lange Zeit aus großer Ferne gesehen werden konnten. Man glaubt, daß der thätige Krater 1000 Fuß über den Clear Water lag, in einer Gegend, in der früher Erdbeben gespürt worden waren, und wo auch der Tradition nach schon Ausbrüche vorgekommen sein sollen. Die Eruption hatte mit so heftigem Getöse begonnen, daß man es an der Mündung des Salmon River in Camas Prärie und in Mount Idaho, also im Umkreise von 75 engl. Meilen, hörte. Da dieser Landstrich weit von der Meeresküste liegt, so glaubt man seine vulkanische Natur auf gewaltige Binnenseen zurückführen zu sollen, die sich hier noch in der letzten vorzeitlichen Entwickelungsperiode der Erdoberfläche befunden haben sollen.

Im Osten des Gebietes, von welchem hier eben die Rede war, am nordwestlichen Ende des nordamerikanischen Staates Wyoming und zum Teil in die Gebiete von Idaho und Montana übergreifend, liegt das jungvulkanische Gebilde des Yellowstone-Nationalparkes in einer Höhe von ungefähr 2400 m ü. M., umschlossen von hohen Ketten des Felsengebirges. Die Benennung dieses außerordentlich interessanten Gebietes begründet sich auf einem Beschluß des Kongresses der Vereinigten Staaten vom Jahre 1872, nach welchem dasselbe „als öffentlicher Park dem Vergnügen und zur Wohlthat des Volkes für alle Zeiten gewidmet sein soll“. Ein Jahr zuvor war das Gebiet, das zuerst 1870 vom General Washburne besucht worden und bis dahin der wissenschaftlichen Welt vollständig unbekannt geblieben war, durch eine von Staats wegen entsandte Expedition genauer unter-

sucht und später von anderen amerikanischen Gelehrten eingehend studiert. Man hat dort u. a. neben Kolonien von Elentieren und Bibern die einzige Büffelheerde der Union untergebracht, die zur Zeit noch existiert, eine Kuriosität, die, wenn man nur ein Jahrhundert in der Geschichte Amerikas zurückblickt, wohl das beredetste Zeugnis von den Kulturfortschritten giebt, die sich seither in dem einstigen gelobten Lande der Büffeljäger vollzogen haben. Die Aufsicht über den Park wird von Offizieren der Bundesarmee geübt. Dieses Gebiet zeigt uns in großartiger Weise eine Form von vulkanischen Erscheinungen, die wir bis jetzt noch nicht besprochen haben: An mindestens 5000 Stellen brausen dort die vulkanischen Brunnen, die man „Geyser“ nennt, bis zu Höhen von 20 m und darüber empor. Der Name stammt von dem altisländischen Worte „Geysa“*) her und bezeichnet diejenigen heißen Quellen, die durch vulkanische Kräfte in regelmäßigen Zwischenräumen springbrunnenartig in die Höhe geschleudert werden. Solcher Springquellen giebt es nun im Yellowstone-Park eine außerordentliche Menge, und die vorhin angegebene Zahl dürfte noch kaum an die Wirklichkeit heranreichen. Eine der gewaltigsten dieser Geyser ist der „Riese“ (Giant), dessen Auswurfskegel bei 3 m Höhe ungefähr 7 m Durchmesser hat, und dessen Wasserstrahlen 60 m Höhe erreichen. Das Gegenstück zu diesem Geyser ist die „Riesin“, die in kürzerer als Tagesfrist jeweilen auf 20 Minuten in Thätigkeit gerät und neben ihrem 20 m hohen Hauptstrahl schwächere Seitenstrahlen emporschießen läßt, die mitunter bis zu 70 m Höhe erreichen. Unsere Abbildung zeigt einen dieser am Firehole-River dicht ausgestreuten Geyser. Das charakteristische Merkmal der Geyser ist die Regelmäßigkeit, womit ihre Ausbrüche erfolgen. C. W. C. Fuchs erklärt diese periodische Thätigkeit in folgender Weise: Auf einem flachen Kegel aus Kieseltuff liegt ein kraterähnliches Becken mit einer in die Tiefe hinabreichenden trichterförmig gestalteten Röhre, in der sich das heiße Wasser ansammelt und, nachdem es bis an den Rand gestiegen ist, ruhig über denselben abfließt. Während das Becken sich füllt, wird das Wasser am Boden der Röhre von der vulkanischen Glut, die im Innern herrscht, erhitzt; es wird dabei leichter**) und steigt infolgedessen in der Mitte des Trichters zur Oberfläche empor, über die es sich ausbreitet, wobei es lebhaft verdampft, sich abkühlt und, dadurch dichter und schwerer geworden, am Rande des Trichters wieder in die Tiefe hinabsinkt, wo es neuerdings erhitzt wird. Auf diese Weise entsteht eine beständige strömende Bewegung im Geyserbecken, die man leicht ver-

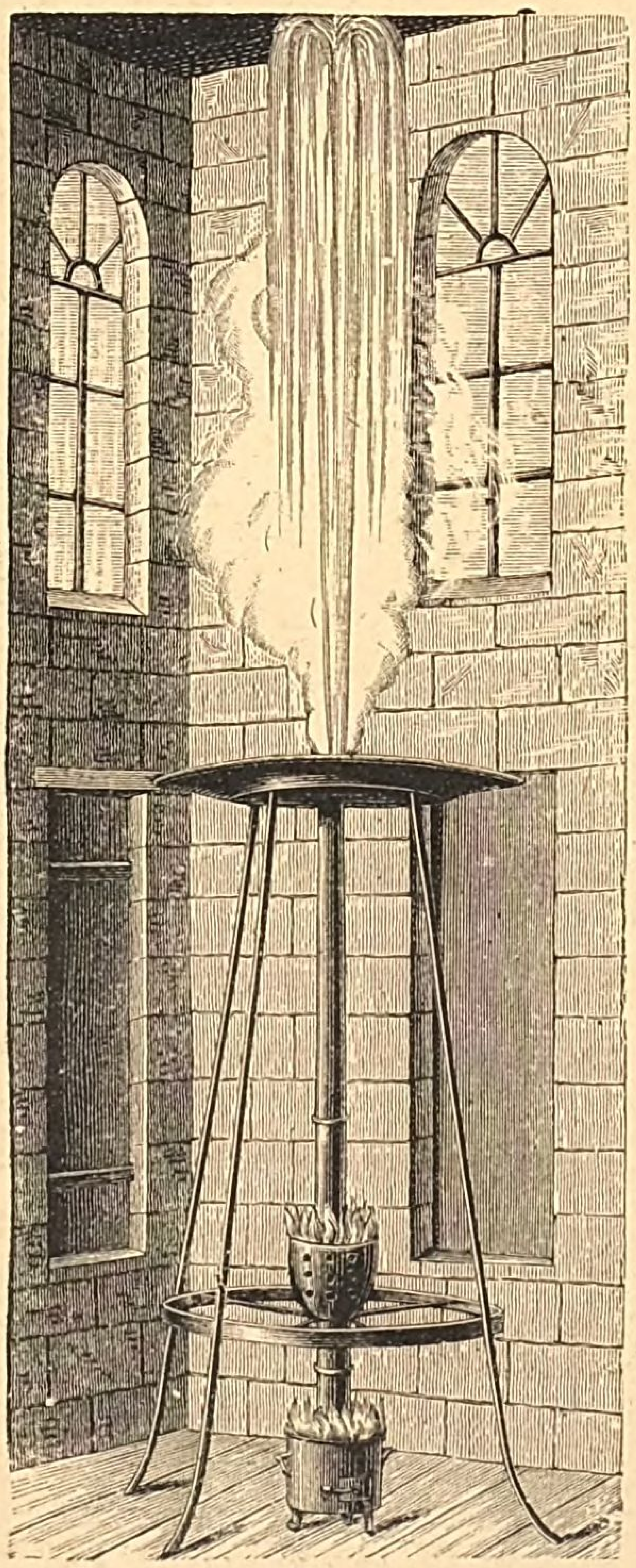


Geyser am Firehole-River
im Yellowstone-Nationalpark.

*) Geysa s. v. w. wütend oder tobend; daher der Name Geyser, den die wild in die Lüfte emporfahrenden heißen Springquellen Islands tragen.

**) An unsern Badeöfen können wir beobachten, daß das heißgewordene Wasser stets den höchsten Teil derselben einnimmt. Es rührt dies daher, daß das Wasser durch die Wärme ausgedehnt wird und daher an Dichtigkeit und Schwere verliert. Am schwersten ist das Wasser bei 4° C. Wärme; sinkt seine Temperatur unter diesen Wärmegrad, so wird es wieder leichter und steigt gegen die Oberfläche empor.

folgen kann, wenn man Papierschnitzel in die Mitte des Beckens wirft. Man sieht dann diese, von der aus der Tiefe emporsteigenden warmen Wassersäule getrieben, gegen den Rand hinschwimmen, wo sie von dem abgekühlten Wasser mit in die Tiefe gezogen werden. Nun ist aber die Wirkung der Abkühlung an der Oberfläche keineswegs so stark, daß sie diejenige des von unten emporsteigenden heißen Wassers aufheben könnte. Infolgedessen wächst die Hitze des in dem Becken sich sammelnden Wassers immer mehr, und es kehrt nach jedesmaligem Kreislaufe in wärmerem Zustande zur Tiefe zurück, als dies vorher der Fall war. Das in der Röhre stehende Wasser wird allmählich so heiß, daß es bereits in Dampfform übergehen könnte, wenn es daran nicht durch die auf ihm lastende Wassermenge im Becken gehindert würde, die gleichsam als Verschluß wirkt. — Endlich tritt ein Zustand der Ueberhitzung ein und die dadurch bewirkte Spannung wirkt schließlich kräftig genug, um den Druck der Wassermasse des Beckens zu überwinden. Diese wird nun mit Macht herausgeworfen und das Becken leert sich, um sich sofort wieder langsam zu füllen, worauf der eben beschriebene Vorgang in allen Stufen seiner Entwickelung sich wiederholt.


Geyserapparat von Bunsen.

Bunsen hat diesen Vorgang durch ein Experiment veranschaulicht, das unsere Abbildung zur Darstellung bringt. Der dazu benutzte Apparat besteht aus einer 2 m langen Eisenröhre, die in senkrechter Lage von einem Gestell getragen wird und oben in ein Becken mündet, während an seinem unteren Ende zwei Feuerstellen in einer Entfernung von 60 cm von einander angebracht sind. In die Röhre wird Wasser gegossen und der Heizapparat in Gang gesetzt. Das auf dem Grunde der Röhre befindliche und unter dem Drucke der Atmosphäre und der darauf lastenden 2 m hohen Wassersäule stehende Wasser wird bei 105° C. sieden; die auf der Höhe der oberen Feuerstelle stehende Wasserschicht beginnt jedoch schon bei 103° zu sieden, weil sie nur den Druck einer kürzeren Wassersäule zu überwinden hat als die unterste Schicht. Das zum Sieden gebrachte Wasser dieser letzteren hebt nun die Wassersäule in der ganzen Röhre empor, füllt das Becken mit Wasser und drängt die bis 103° erwärmte Wasserschicht empor, die dadurch von einem Teil der auf ihr lastenden Wassersäule befreit wird und zur Verdampfung gelangen kann. Der Dampf treibt den Rest der Wassersäule in kräftigem Strahl empor; doch kühlt dieser sich an der Luft rasch ab, und bei seinem Zurückfallen in das Becken wird auch der noch in Entwickelung begriffene Dampf abgekühlt. Alles Wasser rinnt nun wie in einem luftleeren Raume in die Röhre hinab, wo die verschieden erwärmten Wasserteilchen wirksam auf einander prallen. So entstehen die regelmäßig auf einander folgenden ausbruchartigen Entladungen, deren Zwischenpausen dadurch eintreten, daß sich die treibenden Kräfte vorübergehend ins Gleichgewicht setzen.

Mit den Geysern sind indes die Wunder des Yellowstone-Parkes keineswegs erschöpft. Derselbe umfaßt ein Gebiet, das an Flächeninhalt dasjenige des Königreichs Belgien übertrifft. Der Firehole-River mit seinen beiden Geyserbecken (dem oberen und unteren)

bildet den westlichen Teil dieser Wunderlandschaft, der Yellowstone-River den östlichen. Dieser durchquert zuerst — wir folgen im Nachstehenden der Schilderung Bölsches — einen gewaltigen See von 18 Meilen Durchmesser, der fast die Gestalt einer Hand besitzt. Nächst dem Titikakasee im südamerikanischen Alpenland ist es der höchstgelegene große See der ganzen neuen Welt und einer der höchsten der Erde überhaupt. Undurchdringliche Fichtenwälder umgeben ihn, überragt von den schneebedeckten Spitzen des nahen Gebirgskammes, aus dem der Strom heruntersteigt. Das Wasser ist schwefelhaltig; allerorten in der Nähe des Ufers dampfen warme Quellen, im Kontrast zu dem eisig-kalten Bergwasser selbst. Vorbei dann an einem wahren Höllenschlund, dem sogenannten Mud Cauldron oder Schlammgeyser, der aus 10 m breitem und 6 m tiefem Trichter blaugraue, kochende Schlammmassen unter grausigem Gewinsel emporwallen läßt; vorbei an Schwefelhügeln und erstickenden Dunst aushauchenden Schwefelquellen wühlt sich dann der Fluß sein Bett in die vulkanischen Rhyolithmassen des Parkbodens ein. Er bildet einen sogenannten Cañon, eine schmale Schlucht mit himmelhoch aufsteigenden Wänden, so steil, als habe man mit einer scharfen Säge einen ungeheuren Cementblock haarscharf durchgeteilt; für den Deutschen möchte als mögliche Analogie sich immerhin die Erinnerung an die grotesken Felsbildungen der Sächsischen Schweiz, wo die Elbe auch ein großes Plateau durchsägt hat, einstellen. Was dem Cañon des Yellowstone besonderen Reiz giebt, sind vor allem die grellen Farben. Tief unten der Fluß als schmaler Faden von lichtem Blau; dann die durchfressenen, vulkanischen Rhyolith (Quarztrachyt)-Felsen rot, orange, gelb und purpurn, fast in der ganzen Regenbogenskala; endlich oben lebensgrüne, alte Fichten am Schluchtenrand. Die tiefste Stelle des Cañon geht bis 300 m hinab, stellenweise bei nur 300 m der oberen Oeffnungsbreite. An mehreren Stellen stürzt der Yellowstone in gewaltigen Wasserfällen (bis zur Höhe von 95 m) abwärts.

Zeigt sich hier, was ein reißendes Gebirgswasser auf relativ weicher, vulkanischer Tuffmasse im Laufe der Jahrhunderte vermag, so eröffnet sich die ganze Großartigkeit der Wirkung direkt vulkanisch erhitzten, kalk- und kiesellösenden Wassers heißer Quellen in dem vom Yellowstone im Halbkreis umzogenen, aber nicht direkt berührten eigentlichen Geysergebiet. Bei den sogenannten Mammuth Hot Springs haben eine enorme Menge solcher Quellen (über 70), die eine Temperatur von 15 bis gegen 60 Grad R. zeigen, durch ihre Absätze allmählich eine 60 m hohe Terrasse mit etwa einem Dutzend Stufen abgesetzt. Das himmelblaue Wasser sammelt sich und plätschert über selbstgeschaffene Steingebilde, die in den leuchtendsten Regenbogenfarben prangen und eine Lichtfülle erzeugen, die bei Mittagssonne das unbeschützte Auge kaum noch erträgt.

Wir haben ein ähnliches jetzt leider zerstörtes Naturwunder bereits auf der südlichen Erdhälfte, in Neuseeland, kennen gelernt. Um die älteren und großartigeren Gegenstücke zu den Geysern des Yellowstone-Parkes kennen zu lernen, müssen wir uns nach dem hohen Norden begeben, nach dem sagenumwobenen Island.

Diese Insel trägt in ihrem mittleren Teile eine flachgewölbte, in ihren Scheitelpunkten etwa 700 m über dem Meere emporragende Tafel, die mit aufgesetzten Bergmassen und unzähligen Kegeln und Kuppen von durchaus vulkanischer Natur bedeckt ist, und deren Inneres sich als eine schauerliche Lavawüste darstellt. Hier ragen inselartig die mit Gletschern belasteten Schneeberge — Jökulls genannt — bis zu 2000 m Höhe empor und neben ihnen viele Vulkane, von denen mehrere noch thätig sind. Der bekannteste ist der Hekla (157 m), dessen zahlreiche und furchtbare Ausbrüche vielfach erörtert und wissenschaftlich untersucht worden sind; an Höhe überragt ihn noch der Oeraefajökull (1959 m). Der Skaptar ergoß bei einem im Jahre 1783 stattgehabten Ausbruche einen Lavastrom von 200 m Tiefe und 70 m Breite; der Askja (1105 m) hatte 1875 eine Bimsstein-Eruption. Zu den auffallendsten Naturerscheinungen dieses Eilandes zählen indes die heißen Quellen, deren Wasser sich in den zahlreichen breiten und tief eingeschnittenen Wasserläufen der Insel mit demjenigen der Gletscher vermischen, die das Innere des Landes weithin bedecken. Die berühmteste dieser heißen Springquellen ist der Große Geysir.

Der berühmte Naturforscher Carl Vogt (1817—1895) schreibt in seinem 1863 erschienenen Werke „Nordfahrt" über seinen Besuch dieser Geyser von Island und den durch das Thal des Thingvalla-Sees dahinführenden Weg: „Wunderbar sind die Umgebungen dieses Thales, wunderbar seine Bildung. Steht man auf der Höhe des Logberges, dieser geringfügigen Aufwulstung, welche das ganze Thal dominiert: zu Füßen die fürchterlich zerrissene Spalte mit den nackten Wänden, deren dunkle Säulen von grauen und gelben Flechten getigert erscheinen; tief unten das dunkle Wasser, das wie ein schwarzer Landschaftsspiegel alle Umrisse und Farben in gesättigten Tinten zurückstrahlt; vor sich die weite Ebene mit den bunten, grün, rot und gelb gemischten Teppichfarben des absterbenden Laubes der kriechenden Zwergbirken und der Beerensträucher; im Mittelgrunde den prachtvollen Fluß, der in kühnem Sprunge über die Felsmauern der Almanaja dem ruhigen Seespiegel zueilt, aus dessen Tiefen noch verwirrte Spalten und höhere, mit Wasserpflanzen bewachsene Gründe in der Nähe des Ufers hervorleuchten; am Horizonte zur Rechten die gewaltigen Schuttmassen des Armannsfall, die schneebedeckten Kegel des Skaldbreids, Hlödufells und Blafells, welchen gegenüber nach Südwesten hin der wildausgezackte Hengill über dem See drüben das Gleichgewicht zu halten scheint .... steht man so auf dem Logberge bei heiterem Wetter, das Panorama mit einem Blicke umspannend, so muß man glauben, daß nirgends in der Welt eine Gegend sich finden könne, welche eine gleiche Mischung von düsterer Erhabenheit und einschmeichelnder Lieblichkeit darbieten könne.

Die Bildung des Thales erklärt sich ohne Schwierigkeit, sobald man nur den Umstand in das Auge fassen will, daß es mitsamt dem dazugehörigen See nur einen Teil einer ungeheuren Lavamasse bildet, welche hauptsächlich aus den vergletscherten Vulkanen im Nordosten, zum Teil aber auch aus einer Menge von Kegeln hervorgestürzt ist, die am Südrande der Lava sich hinziehen, welche in einem gewaltigen Zuge bis zum Kap Reikjanaes sich erstreckt. Es hat aber diese ungeheure Lavamasse eine Länge von 120 km auf eine Breite von 20 und 30, und sie bildet überall einen mehr oder minder hohen Rücken, welcher das Tiefland, an dessen Küste die großen, aus den Gletschern hervorkommenden Flüsse münden, von der Faxabucht und der Umgegend von Reikjavik trennt. Gewiß sind diese ungeheueren Lavamassen nicht auf einmal ergossen worden, gewiß hat bald dieser, bald jener Kegel einen mehr oder minder gewaltigen Ausbruch gethan, wodurch neue Lava- und Aschenmassen zu den schon vorhandenen hinzugefügt wurden. Was bei dem im Jahre 1783 stattgehabten furchtbaren Ausbruch des Skaptar Jökull, der den größten geschichtlich bekannten Lavastrom lieferte, sich ereignete, geschah sicherlich auch hier: alte, längst erkaltete Lavaströme, alte Aschen- und Schuttkegel wurden aufs neue durch die ungeheuren Ströme, welche sich über sie hin ergossen, geschmolzen und dadurch dem neuen Strome mehr oder minder vollständig einverleibt. So ist es denn leicht begreiflich, daß ungeheure Massen geschmolzenen Gesteins hier in Bewegung sein konnten, die Jahre und Jahrzehnte bedurften, bis sie zur vollständigen Erstarrung fortgeschritten waren. Die blinden Vogelschären oder Klippen, welche sich in der Verlängerung des Kaps Reikjanaes befinden, die dort noch vor wenigen Jahren stattgefundenen unterseeischen Ausbrüche, die stets dampfenden Schwefelquellen von Krisuvik und der ganze Zug heißer Quellen, die sich längs des Südrandes der Lavamassen von dem Geyser bis nach Krisuvik erstrecken, beweisen, daß noch heutzutage die vulkanische Thätigkeit nur in geringer Tiefe von diesem Herde sich zurückgezogen hat, der früher so Gewaltiges leistete. Das Thal von Thingvalla mit dem See, mit den beiden Parallelspalten, die es von der umgebenden Hochebene abtrennen, mit den kleineren Spalten im Innern, welche den Logberg umschließen, ist nur eine Wiederholung im Großen einer auf Lavaströmen ganz gewöhnlichen Erscheinung. Sowohl oben auf der Fläche, über welche wir ritten, um nach Almanagja zu gelangen, als auch gegenüber auf der geneigten Ebene, in welcher Hrafnagja sich eingerissen hat, findet man häufig Löcher bis zu mehreren hundert Fuß Durchmesser, welche aufs deutlichste einem teilweisen Einsturz der oberen erkalteten Lavakruste ihren Ursprung verdanken. Man sieht, daß eine gewaltige Scholle, deren Zusammenhang mit der umgebenden Kruste nicht

ganz fest war, sich durch Spalten abtrennte und auf die Oberfläche des unten fortströmenden feurigen Flusses sich hinabsenkte, so daß eine Höhlung entstand, deren Ränder über die gesenkte Masse hervorstehen. Manchmal zeigt sich noch, daß die gesenkte Scholle in der Mitte geborsten oder in irgend einer Weise teils durch Mangel an Unterstützung auf dem flüssigen Elemente, teils durch Dampfentwickelung darunter gerissen und geborsten ist. Wenden wir diese Beobachtung auf die Entstehung von Thingvalla mit seinen Spalten an, so sehen wir, daß hier in gewaltigem Maßstabe stattfand, was wir dort im kleinen beobachteten. Der ungeheure Lavastrom, bis in bedeutende Tiefe erhitzt und geschmolzen, erkaltete auf seiner Oberfläche, während er in der Tiefe noch im feurigen Flusse seine Bewegungen fortsetzte. Endlich brach die ihrer Stütze beraubte Decke zusammen, und indem sie auf die unterliegende Masse sich senkte, mußten notwendigerweise die beiden Hauptspalten entstehen, welche in paralleler Richtung die gesenkte Masse von derjenigen abtrennen, die auf beiden Seiten in ihrem ursprünglichen Niveau sich erhalten hat und in diesem erkaltet ist. Die kleineren Spalten des Thales und des Logberges, welche in ihrer allgemeinen Richtung der Almanagja folgen, sind nur Zersplitterungen, entstanden durch den Druck, welchen die sich senkende Decke auf die untere, noch flüssige Lavamasse ausübte. Diese letztere wich auf die Seite, preßte von unten her gegen die sich senkende Decke, wulstete diese auf und zersplitterte sie auf dem Höhepunkte der Welle, welche durch den plötzlichen Einsturz hervorgebracht wurde.

Das ganze Thal — denn dieses ist nur, wie schon bemerkt, die Fortsetzung des Thales, dessen Fläche sich allmählich unter das Wasser senkt — das ganze Thal ist nur eine großartige Senkung, verursacht durch das Fortfließen der in der Tiefe noch flüssigen Lava, während die Oberfläche längst erstarrt war. Man braucht weder zu hochtrabenden Phrasen von säkularen Erhebungen noch zu ganz besonderen Einflüssen seine Zuflucht zu nehmen, man braucht nur den Umstand fest ins Auge zu fassen, daß das ganze Plateau, auf welchem man der Almanagja zureitet, in weiter Erstreckung eben und fast horizontal ist, mit Ausnahme einer terrassenförmigen Absenkung, welche etwa in der Entfernung von 2 km längs dem Spalte von Almanagja und dem westlichen Seeufer hinzieht, das sie der Insel Sandey gegenüber erreicht. Diese terrassenförmige Einsenkung würde sich offenbar zu einem Spalte ausgebildet haben, wenn nicht hier, in größerer Nähe des Randes des Lavastromes, derselbe in seiner Masse schon mehr erkaltet, die Senkung also geringfügiger gewesen wäre. Ebenso erklärt sich nur durch diese einfache Anschauung einer Senkung der weitere Umstand, daß Hrafnagja längs einer geneigten Ebene eingerissen ist, während der Fluß Oxaraa in einer Rinne strömt, welche durch die tiefste Einknickung der einbrechenden Schichten erzeugt wurde. Die vielfältige Zersplitterung durch kleinere Küsten, welche sich überall in dem Thale zeigt, die wellenförmige Gestaltung der Oberfläche, auf der man in erstarrtem Zustande die großen Flutwellen sieht, welche der Lavastrom beim Fortschreiten warf — all dies beweist aufs deutlichste; daß die kaum erstarrte Decke sich auf eine in noch verschiebbarem Zustande, also in feurigem Flusse befindliche Masse senkte, daß die Hauptsenkung zuerst in der Nähe der Almanagja längs der Rinne statt hatte, in welcher der Fluß läuft, und das erst später, indem die Masse sich senkte und eine geneigte Ebene bildete, durch das ungeheure Gewicht die Decke bei Hrafnagja abriß und auf diese Weise den zweiten Parallelspalt bildete."

Vom Thingvalla-See setzte Vogt am nächsten Morgen seinen Weg nach dem Großen Geyser fort, der ihn zunächst in ein von Lavastrecken gebildetes Hügelland führte. Aus einiger Entfernung schlägt das Brausen eines Wasserfalles an das Ohr des Reisenden. „Wir kommen und sehen vor uns einen breiten Fluß zwischen bräunenden Lavafelsen eingeschlossen, dessen helle Wasser sich in einen tiefen Spalt stürzen, welcher in der Mitte des Flußbettes sich hinzieht. Erst nach genauerem Hinblicken sehen wir, daß mitten im Wasser über diesen Spalt eine schmale Holzbrücke geworfen ist, deren Zugänge vom Wasser überströmt werden, während sie selbst an einigen gewaltigen Lavablöcken festgenietet ist, die an dem Rande des Spaltes hervorstehen. Einer unserer Führer setzt entschlossen in den Fluß, um den Pferden den Weg zu

zeigen: das Wasser geht seinem Pferde bis an den Bauch; zwei andere treiben die Ponnies von beiden Seiten her im Wasser der Brücke zu, wir folgen. Das Wasser ist so tief, daß es uns bis an den Bügel reicht, das Bett uneben, von Spalten und Löchern durchzogen. So reitet man etwa 30 Schritte im Wasser bis zu der schlüpfrigen Brücke, überschreitet auf dieser den gähnenden Spalt, aus dem tosender Gischt und Schaum aufwallt, durchreitet auf der anderen Seite nochmals den flachen Strom und findet sich endlich auf festem Lavaboden, der üppig mit Heidelbeeren überwachsen ist, die gerade in Frucht stehen. „Wir zählen die Häupter unserer Lieben", überzeugen uns, daß keiner die Brücke verfehlt hat und fallen dann in Erwartung der Packpferde und des ihnen anvertrauten Frühstücks über die ziemlich saft- und geschmacklosen Heidelbeeren her, ganz wie Leute, die während des Sommers keine einzige Frucht gesehen, geschweige denn gekostet haben.

Der Fluß heißt der Brückenfluß, auf isländisch Bruara; wenn wir nicht irren, ist es der einzige Strom auf der ganzen Insel, der in der That eine Brücke besitzt.

Nachdem wir den Lavastrom überschritten, reiten wir an den wüsten Schutthängen hoher Berge hin, sehen nach einigen Stunden hinter einem niederen Bergvorsprunge mächtigen Dampf aufsteigen und wissen nun, daß wir in der Nähe des Geysers sind. Man braust um die Wette über Stock und Stein: die vordersten wollen Richtung reiten, wie bei einem Kirchturmsrennen, verwickeln sich aber in einem Moorgrunde, während die Klügeren am Rande des Moores herumreiten, einen betretenen Uebergang finden, um den Berg herumschwenken und dumpfe Donner hören, der sie zu schnellstem Galopp antreibt. Einige krystallhelle Strahlen schießen wie leuchtende Raketen etwa 25 Fuß hoch aus einer dicken Dampfwolke hervor, während rauchendes Wasser von allen Seiten aus einem Becken hervorrieselt, das auf der Höhe eines stumpfen Kegels angebracht ist. Ehe wir noch abgestiegen sind, ist die ganze Erscheinung wie ein Traum in sich zusammengesunken. Wir sind am Geyser . . . .

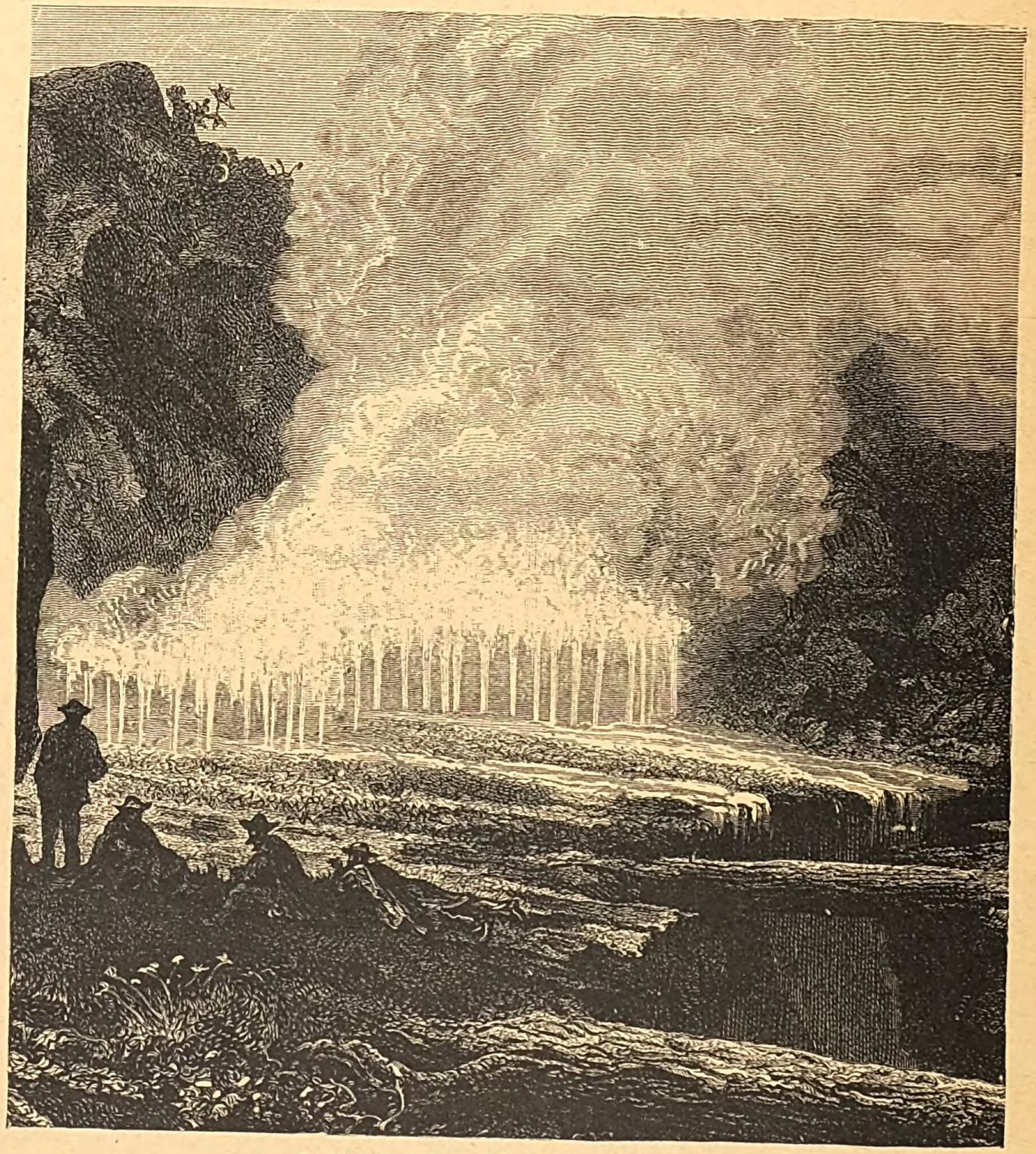
Das Geyserbecken selbst ist ein niedriger Kegel mit weiter oberer Oeffnung aus grauem Kieselsinter aufgebaut, der in unregelmäßigen Schichten übereinander liegt, ähnlich den Blättern in der Schale einer Auster. Der ganze Kegel ist bekanntlich von dem Wasser selbst aufgeschüttet, das ziemlich bedeutende Mengen von Kieselerde enthält, die es bei dem Versumpfen und dem Herabrieseln absetzt, sonst aber vollständig aufgelöst enthält, denn es ist wunderbar klar und durchsichtig, und nur wenn man in eine größere Tiefe hinabschaut, zeigt es einen grünlichen Anflug. Das Becken selbst hat eine Gestalt, wie man sie bei keiner der anderen Quellen findet und die man am meisten bei derjenigen eines flachen Champagnerglases mit hohlem Stiele vergleichen kann. Eine weite, flache Schale, scheinbar kreisrund, in deren Mitte eine Brunnenröhre sich öffnet, aus welcher von Zeit zu Zeit dicke Dampfblasen aufquellen. Das klare Wasser in der Schale, auf dessen Grund man deutlich die blumenkohlähnlichen, feingekörnten Absätze des Kieselsinters gewahrt, dampft wie ein großer Braubottich, der zum Abkühlen gestellt ist. Eine geheimnisvolle Ursache scheint ein abwechselndes langsames Schwellen und Sinken des Niveaus zu bewirken. Manchmal wird dieses Schwellen so bedeutend, daß das Wasser über den Rand der Schale nach allen Seiten hin abfließt, in einigen Vertiefungen stehen bleibt, die von uns als natürliche Waschbecken benutzt werden, meistens aber sich in einem kleinen Bache sammelt, der südlich der Ebene zueilt, an deren Rande das Geysergebiet sich befindet. Zuweilen erzittert der Boden ganz leise, das Wasser schwillt stärker, in der Mitte, der Oeffnung der Röhre entsprechend, hebt es sich wie aus dem Rohre eines Springbrunnens, welchem das Steigerohr noch nicht aufgesetzt ist, quillt einige Male empor, ähnlich dem Wasser der Lebensquelle in den persischen Märchen, sinkt aber dann wieder zurück, indem einige große Dampfblasen aufsteigen, die der Wind in Wolkenform über die Ebene jagt. Bisweilen, in Intervallen von 3 bis 4 Stunden werden diese Erscheinungen stärker: man hört dann dumpfe Donnerschläge in der Tiefe, die zugleich mit dem fühlbaren Zittern des Bodens aus dem Schlafe wecken; das Wasser fließt stärker über aus der Schale, das Kochen in der Röhre wird heftiger und zuweilen schießt, von einer mächtigen Dampfwolke gefolgt, ein

dicker, krystallheller Strahl aus der Mündung hervor, der aber nur etwa mannshoch sich erhebt, um dann wieder zu versinken. Wir wurden häufig bei Tag und Nacht durch solche Versuche und unvollständige Ausbrüche geäfft und müssen endlich am dritten Tage, vom schlechten Wetter gezwungen, den Geyser verlassen, ohne einem stärkeren Ausbruche beigewohnt zu haben, als derjenige war, welcher uns im Anfange begrüßte.

Folgt man dem Quellenzuge weiter abwärts, so trifft man in einiger Entfernung auf ein zweites Loch, welches einem verfallenen Ziehbrunnen ähnlich sieht und von einer niedrigen unregelmäßigen Mauer umgeben ist, die schmutzigbraun aussieht, ebenfalls aus Kiesel besteht und ringsum von gesottenen Rasenfetzen, Steinen und Erdflatschen umgeben ist. Beugt man sich über den Rand dieses Brunnens, so schaut man in einen Schlund, von unregelmäßigen, braunen Kieselwänden ausgekleidet, in dessen Tiefe von etwa 20 bis 30 Fuß ein kochendes Wasser brodelt. Die Isländer nennen diese Quelle den Strokkr oder das Butterfaß, und die Führer zeigen für ihn eine gewisse Vorliebe, da er ihnen stets aus der Not hilft, wenn der Große Geyser in verstocktem Eigensinn keine gehörige Eruption will spielen lassen. Der Strokkr hat, wie Lord Dufferin richtig bemerkt, einen schwachen Magen, der alle unverdaulichen Dinge nach kurzer Zeit wieder hervorwürgt und in übersprudelndem Eifer auswirft. Kaum ist auch unser Zelt aufgeschlagen und alle ökonomischen Vorkehrungen für den Abend und die Nacht getroffen, so werden wir zu einer Vorstellung beim Strokkr eingeladen. Große Rasenstücke werden abgelöst, Steine von allen Seiten herbeigeschleppt, an dem Rande aufgeschichtet und auf ein gegebenes Zeichen in den Brunnen gestürzt. Wir stehen erwartungsvoll in einer Entfernung, die einen berechnend auf der Seite, von welcher der Wind herkommt, einige Wagehälse beugen sich sogar über den Rand des Schlundes, um zu sehen, was in der Tiefe vorgeht. Es murrt und knurrt einige Male dort unten mit deutlichem Erzittern des Bodens und höherem Aufquellen der durch die eingefüllte Erde schmutzig trüben Flut in der Tiefe — ein plötzlicher Schlag, als würde eine Pforte gesprengt, und nun schießt ein siedend heißer, brauner Wasserstrahl aus der Tiefe hervor, senkrecht bis zur Höhe von 100 Fuß, teilt sich in tausend Tropfen, die sich meist während des Fallens noch in Dampf verwandeln und nur einen schmutzigen Staubregen niederfallen lassen. Gewaltige Dampfmassen drängen sich an der Mündung des Brunnens hervor, über deren Ränder das rauchende Wasser überfließt, größere Rasenstücke und Steine werden bombengleich nach allen Seiten umhergeschleudert. Strahl folgt auf Strahl wohl während einer Viertelstunde, bis endlich diese rauchenden Raketen an Höhe und Stärke abnehmen, die eingefüllten Rasenstücke und Steine herausgeworfen sind und der im Innern angesammelte Dampf vollständig entwickelt ist. Der Wasserspiegel im Brunnen sinkt so tief zurück, daß man unmittelbar nach dem erzwungenen Ausbruche sehen kann, wie sich der Brunnen in der Tiefe verengt, so daß seine Gestalt einem gewöhnlichen Champagnerglase ähnlich sieht, das an seinem Boden einige Risse bekommen hat.

Geht man von dem Strokkr aus weiter nach Westen, so findet man in dem sonderbar knirschenden, kieseligen Terrain, das offenbar, ähnlich dem Sprudelsteine von Karlsbad, nur eine verdächtige dünne Kruste über mannigfach gewundenen Kanälen und Höhlungen bildet, eine Menge von verschiedenen Oeffnungen, von welchen einige als natürliche Waschanstalten benutzt werden. Die einen sind vollkommen ruhige, klare Becken, aus deren Tiefe nur hie und da eine Dampfblase sich langsam emporwirbelt, ohne daß das eingeschlossene Wasser einen Ausweg hätte; aus den anderen fließt es langsam und stetig einem Bächlein zu, das nach Südwesten seinen Weg nimmt. Ein größeres Becken in der Nähe des Strokkr, das auch der Kleine Geyser genannt wird, erlaubt sich von Zeit zu Zeit ohne auffallende Vorzeichen das Hervorschießen einiger Strahlen ganz in ähnlicher Weise, wie sein großer Namensvetter, wenn auch mit weit geringerem Effekte. Die Kieselsinterdecke, welche von allen diesen Oeffnungen durchbohrt ist, ist an einzelnen Stellen so warm, daß man nicht darauf stehen mag; anderwärts dagegen grünen und blühen die verschiedenen Kräuter, welche in dieser Gegend vorkommen, ganz besonders üppig auf dem mageren Boden."

Das Miniaturbild einer Geyserlandschaft führt uns Marcoy in seiner Schilderung der heißen Quellen im Marcapatathale in den Anden vor. „Man stelle sich, so sagt er, eine wagerechte Fläche von der Art einer Plattform vor, die ungefähr 20 m im Quadrat faßt, auf der einen Seite an den Berg sich lehnend, dem sie gewissermaßen als Auftritt dient, und auf allen anderen Seiten senkrecht zur Tiefe fallend. Die Fläche ist durchdrungen von 23 Oeffnungen, die in zwei Gruppen geschieden sind und Strahlen kochenden Wassers in die Luft senden, hier solche von 3 Fuß, dort solche von 8 Fuß Höhe. Die



Heiße Quellen im Marcapatathal.

Mündung jeder dieser Oeffnungen ist von einem Wulst eingefaßt, der sich aus einer Zusammenballung schwefelhaltiger Stoffe gebildet hat. Diese Wülste von kegelartiger Gestalt und 15—18 Zoll Höhe stellen das genaue Bild der in voller Thätigkeit begriffenen Geyser im Kleinen dar. Das Gestein ist an denjenigen Stellen, wo es mit dem Wasser der Quellen in Berührung kommt, von einer schönen strohgelben Farbe und durchweg von bläulichen Zweigen und Aestchen durchzogen, die die baumähnliche Zeichnung gewisser Agate nachahmen. Die vom Wasser nicht erreichten Teile des Gesteines sind braunrot in verschiedenen Abstufungen gefärbt und stellenweise von ausgebreiteten Schimmelflecken bedeckt,

die in schönem Smaragdgrün leuchten. Ein dichtes Pflanzengewühl, in welchem Brombeeren, Salbey, Minze, Fuchsien und Alstroemerien ihre Stengel, Blätter und Blumen mit einander vermengen, macht sich auf der Plattform breit, ohne Scheu vor den kochenden Wasserstrahlen, die es von allen Seiten umsprühen, und wallt rings um den Felsen gleich einem Haarkranze herab."

In der Regel finden sich da, wo Geyser und heiße Springquellen vorkommen, auch heiße Schlammquellen vor, deren Wasser meist unter hohem Dampfdrucke steht, mit schwefeliger Säure oder Schwefelwasserstoff beladen ist und daher eine mächtige Wirkung auf solche Gesteine ausübt, die chemisch oder mechanisch leichter zerstörbar sind. Thon und vulkanische Tuffe werden von diesen Quellen zersetzt und zu einer breiigen Masse aufgeschlemmt, die dann mit dem Wasserstrahle selbst zu Tage gefördert wird.

Eine weitere, in vulkanischen Gebieten der verschiedensten Gegenden der Erde häufig vorkommende Erscheinung ist diejenige der Schlammvulkane, die namentlich vielfach in Gesellschaft des Petroleums auftreten. Sie werden auch Salsen oder Bollitori, in Sizilien Maccaluben genannt, und man unterscheidet zwei Arten derselben, nämlich warme und kalte, je nachdem ihr schlammiger Inhalt durch Wasserdämpfe oder durch gasförmige Kohlenwasserstoffe zu Tage gefördert wird. Während die warmen Schlammvulkane sicherlich vulkanischen Ursprungs sind und nur da vorkommen, wo vulkanische Thätigkeit herrscht, wie auf Java, in Sizilien u. s. w., stehen die kalten Schlammvulkane mit dem Vorhandensein von Erdöl im Zusammenhange oder verdanken ihre Entstehung dem Verwesen organischer Substanzen und der hierdurch verursachten Gasentwickelung. Als Beispiel für den ersteren Fall mag auf die Schlammvulkane bei Baku am Kaspischen Meere hingewiesen werden, wogegen das Vorkommen von solchen bei den „Mudlups" genannten Inselchen im Mississippi-Delta auf die letztere Ursache zurückzuführen ist. Manche dieser Schlammvulkane stoßen außer Schlammmassen und Gasen auch Gesteinstrümmer in großer Menge aus. Schon Plinius weiß von dem großartigen Ausbruche einer solchen Salse in der Gegend von Sassuolo bei Modena im Jahre 90 v. Chr. zu berichten, und im Jahre 1835 erfolgte hier ein Ausbruch, der etwa $1^1/_2$ Millionen Kubikmeter Auswurfsmasse zu Tage förderte, die über eine Strecke von 1 km Länge sich ergoß und ein kleines Thälchen gänzlich ausfüllte. In dem unermeßlich reichen Petroleumgebiete um Baku, wo das „heilige Feuer" in Gestalt von riesigen Flammensäulen emporsteigt, die nichts Anderes sind als Kohlenwasserstoff, der unter starkem Drucke aus der Erde emporgetrieben und von Menschenhand entzündet wird, finden sich gewaltige Schlammvulkane, deren Triebkraft eben dasselbe Kohlenwasserstoffgas ist und deren Entstehung ganz in der gleichen Weise vor sich geht, wie bei den oben beschriebenen Schlammquellen. Es erfolgen dort mitunter so bedeutende Ausbrüche, daß sie in ihrer Wirkungskraft denjenigen echter Vulkane gleichkommen. Im Jahre 1860 entstand durch einen solchen Ausbruch im Kaspischen Meere die neue Insel Kumani; doch steht dieser Fall keineswegs vereinzelt da. Auch erhebliche Bewegungen des Erdreiches in der Umgebung sind oft mit solchen Ausbrüchen verbunden, indem sich in höher gelegenen Teilen des Terrains große Massen losen Gesteines ablösen, in die Tiefe gleiten und dort durch ihr Gewicht lockeres Material aufstauen und aufschieben. Seitdem in jener Gegend die Bohrungen auf Petroleum in großem Maßstabe betrieben werden, sollen auch diese Bodenbewegungen bedeutend stärker geworden sein. Wo solche Gas- oder Wasserströme durch ein Material emporsteigen, das nicht leicht chemisch zersetzbar oder mechanisch zerstörbar ist, da kommt auch keine Schlammvulkanbildung zu stande. Dies gilt beispielsweise von der großen pennsylvanischen Petroleumregion, wo ebenso wie in den kaukasischen Erdöldistrikten häufig große Mengen von Kohlenwasserstoffgas emporsteigen und auch mit Quellen zusammentreffen; da aber der Boden dort keine leicht angreifbaren Gesteinsarten enthält, so entweichen Wasser und Gase ohne Beimischung von Schlamm.

Drittes Kapitel.

Die Erdbeben.

Mit vulkanischen Ausbrüchen im Zusammenhang stehen sehr häufig jene mehr oder minder heftigen Erschütterungen des Erdbodens, die wir unter dem Namen der Erdbeben kennen und mit denen oft schwere Katastrophen verbunden sind. Bis in die neueste Zeit hat man sich mit den Erdbeben nur sehr oberflächlich beschäftigt; man nahm sie mit allen ihren Schrecken als eine Fügung des Himmels hin, bemühte sich aber nicht, ihre Natur und ihren Ursprung zu ergründen. Waren sie mit vulkanischen Ausbrüchen verbunden, so sah man diese als Ursache an. War das nicht der Fall, so dachte man entweder an die Möglichkeit, daß ein solcher Ausbruch in weiter Ferne oder an einem unzugänglichen Ort stattgefunden haben könnte, oder man dachte an gar nichts und nahm die Sache eben hin, wie sie kam. Heutzutage, wo der Weltverkehr nur noch ganz vereinzelte Teile der Erdoberfläche unberührt gelassen, und im übrigen die Entfernungen durch Eisenbahn, Dampfschiffahrt und Telegraph auf ein kleinstes Maß zurückgeführt hat, weiß man genau, ob man einen Zusammenhang eines Erdbebens mit einem vulkanischen Ausbruche bestimmt voraussetzen kann oder nicht. Man weiß aber noch viel mehr. In früherer Zeit konnte man überhaupt nur solche Erdbeben wahrnehmen, die kräftig genug waren, um empfunden werden zu können; jetzt hat man aber Instrumente von so feiner Empfindlichkeit, daß durch sie Zeit, Dauer, Richtung und Stärke von Erderschütterungen erkannt werden können, die selbst der feinsten Empfindung des Menschen völlig entgehen. Man weiß, daß es durchaus nicht erforderlich ist, daß ein Erdbeben stets in Verbindung mit einer vulkanischen Erscheinung stehe, und wenn diese auch unleugbar mit Erderschütterungen verbunden ist, so hat man doch erkennen gelernt, daß der Zusammenhang der beiden Naturereignisse in den meisten Fällen örtlich beschränkt bleibt und in Fällen, wo dies nicht der Fall ist, der Zusammenhang nicht in dem Sinne von Ursache und Wirkung, sondern vielmehr so aufzufassen ist, daß beide Erscheinungen als Wirkungen einer dritten, die eigentliche Ursache darstellenden zu betrachten sind. Daß ein Erdbeben aus vulkanischen Ursachen entstehen kann, und daß thatsächlich viele beobachtete Erdbeben wirklich diesen Ursachen zuzuschreiben sind, unterliegt keinem Zweifel mehr. Die Stauung der Auswurfsmassen in den Ausflußkanälen, die Spannung der Dämpfe, welche jene in diesen emporheben, kann und muß gewaltsame Erschütterungen verursachen. Thatsächlich gehen stärkeren vulkanischen Ausbrüchen Erdbeben voran, namentlich dann, wenn diese Ausbrüche nach längerer Ruhepause erfolgen. Doch müssen derartige vulkanische Erdbeben auf den Umkreis des betreffenden Vulkans beschränkt bleiben, und dieser Umkreis kann, bei der verhältnismäßig geringen Tiefe der Herde, keinen sehr großen Halbmesser haben. Die Vulkanerdbeben haben den Eruptionsherd im Mittelpunkt und sind meist von geringer Ausdehnung.

Nun giebt es aber auch Erdbeben von beträchtlicher Ausdehnung, wie z. B. dasjenige vom 6. und 7. Januar 1874, dessen Erschütterungskreis sich von Darmstadt bis Neapel, Sicilien und Algier einerseits und bis nach Ungarn andererseits erstreckte, oder, um ein Beispiel aus älterer Zeit anzuführen, dasjenige von Lissabon (1. November 1755), das sich von Grönland bis Afrika, ja bis Amerika ausdehnte, so daß die gleichzeitig dadurch erschütterte Oberfläche etwa ein Dreizehntel der gesamten Erdoberfläche betrug. Ein Brief von unbekannter Hand, der über dieses Ereignis an den Ratsherrn Ruffier, „vornehmen Handelsmann zu Straßburg", unter den frischen Eindrücken des großartigen und fürchterlichen Naturereignisses Bericht erstattet, und den Neumayr in seiner „Erdgeschichte" mitteilt, lautet folgendermaßen:

„Es haben Euer Excellenz aus einem Schreiben von voriger Post den betrübten Umstand und das große Unglück ersehen, so allhier passiert. Der liebe und barmherzige

Gott sei uns Allen gnädig und barmherzig! Gegenwärtiges ergehet, um Euer Excellenz eine umständliche Nachricht zu erteilen. Es war den ersten dieses, da ich des Morgens einige Verkaufsrechnungen auszoge auf unserem Contor, und nichts als Hosen, Strümpfe und Pantoffeln an hatte und einen alten Schlafrock; damit aber keinen Heller noch Pfennig; da hörte ich auf einmal ein entsetzliches Rasseln; ich loff hinaus zu sehen, was das wäre und kam glücklich mit den übrigen in unseren Hof, allwo wir fast die ganze Stadt übersehen können. O ewiger Himmel! wie betrübt war das anzusehen! Die Erde ging ellenhoch auf und nieder. Die Häuser aller Orten fielen mit einem entsetzlichen Prasseln alle übereinander. Die Karmeliter, so auf dem Berg über uns wohnten, Kirch und Kloster, so sehr groß, ging hin und her, so daß wir besorgten, alle Augenblick davon bedeckt oder von der Erde lebendig verschlungen zu werden. Es war die Sonne so verfinstert, daß wir einander nicht sahen. Wir glaubten und waren gänzlich beredt, daß das letzte Gericht herbeikomme. Diese entsetzliche Bewegung dauerte was über ein Achtel Stunde, alsdann war es wieder ein wenig stille; da wir unsere Flucht nahmen, ein jeder in seinen Nachtkleidern, wie oben beschrieben, nicht weit von uns auf den großen Platz, allwo wir über die zerfallenen Häuser und Menschen mit größter Lebensgefahr angelangt. Wir blieben allda etwa drei Stunden und waren über 4000 Menschen schon versammelt, einige in bloßen Hempdern, andere ganz nackend; der Tod auf allen Gesichtern gemalt; mit unzähligen vielen Blessierten, welche alle um Gottes Barmherzigkeit anruften, und ware das Geschrey erbärmlich. Einige Geistliche kamen herbey, sprachen zu und gaben die Generalabsolution, welches einigen Trost gabe; und empfing jeder männiglich solche Absolution mit Eifer und gläubigem Herzen. Hier kam wieder die Erdbebung, so ungefähr noch eine Achtel Stunde dauerte; darauf war etwann eine Stunde Ruh, bis das Gerücht von der See kam, daß das Wasser über alle Maßen gestiegen und, wenn wir nicht flüchteten, wir untergehen würden. Gedenken Euer Excellenz, wie es uns hier zu Muthe war! Alle Gassen waren verstopft durch den Umfall der Häuser; jedennoch wagte ich Alles mit etlichen Freunden; wir klammerten über die Steine und todte Menschen, und solches über eine Viertelstunde lang, allwo wir endlich, dem Höchsten zu Dank! unter vieler Todesgefahr auf das freie Feld gerathen. Ich habe viele Todesnoth ausgestanden. Gott sei gelobt! daß er mir bis anhero geholfen. Es wird mir diese Strafe des Allmächtigen, die wir mit unseren Sünden verdient, nimmer aus dem Gedächtnis kommen; auch werde meine Seligkeit mit mehrerm Ernst zu suchen wissen. Wir sind die ersten Nächte unter freiem Himmel fast ganz nackend und bloß gelegen; nunmehr haben wir eine Zelte, die uns wenigstens den Winter durch vor Regen und Frost befreyet. Dem lieben Gott sei für seine gnädige, gütige Forsorge gedankt! Den ersten Abend gegen elf Uhren kam Feuer an allen Orten auf; und was noch übrig vom Erdbeben, wurde durch die Flammen verzehrt. Alle Gebäude und Mauern, so noch stehen geblieben, müssen nunmehro von unserer Citadelle, so mitten in der Stadt auf einem Berge liegt, abkanoniret werden, damit von diesen, weil Alles baufällig, nicht etwann die Menschen, so daran zu arbeiten beordert werden, nicht auch noch erschlagen werden. Also ist die große, schöne Stadt, so die reichste in Europa und bei 500 000 Menschen in sich hatte, zu einem Steinhaufen geworden. Gott erbarme sich über dieses große Elend, so wir verdient und womit er uns gestrafet! Der Palast, wo so viele unersetzliche Preciosen, ist verbrennet. Unser Zollhaus mit vielen Millionen Waaren aus allen Orten der Welt ist theils verbrennet, theils mit einem großen Platz in den See gesunken. Die mehreste Schiffe, deren wir bei 300 in unserem Haven hatten, sind ankerlos worden, einige versunken, andere beschädiget. Ein holländisches, der Kapitän, Namens Peter Roclos, ist in die Stadt geschmissen worden, und stunde das Schiff auf trockenem Lande; jedoch hat solches der liebe Gott wunderlich erhalten, bis das eine andere Fluthe kam, und das Schiff vom Trockenen wieder wegnehme und ohne Unglück in die See setzte: es wiegt ein solches Schiff 18 000 bis 20 000 Centner. Die Kapitäns, so von allen Orten herkamen, haben es bis 60 Meilen von hier auf eine so starke Weise erfahren und können nicht

von Wunder genug sagen, wie sie erhalten worden. Ihre Majestät der König logiren selbst und zur Hülfe und Trost auf dem Felde mit Zelten. Unsere schönen Kirchen, dergleichen in Rom nicht prächtiger noch größer, sammt allen Klöstern sind zerstört, worin man bei 20000 Geistliche rechnet, davon beynahe die Hälfte unter dem Ruin geblieben. Wie viele tausend Menschen hat man unter dem Ruin hören rufen und schreyen, ohne daß man ihnen konnte zu Hülfe kommen, so daß diese noch lebende Unglückliche verbrennen mußten. Mein Gott, das Elend ist zu groß und erwecket in der ganzen Christenheit Mitleiden; denn wer sich an solchem Exempel nicht spiegeln will, muß kein Christ, ja kein Mensch seyn. Hätte unser König nicht so väterliche Forsorge angewendet, müßten wir noch gar Hunger sterben; seine Mildthätigkeit gehet aber so weit, daß er Brot und Fleisch umsonst austheilen läßt; er vergießet ebenso viele Thränen unter uns Elenden als alle Unterthanen. Er nimmt Theil an allen unseren Schmerzen. Gott erhalte Ihn und seine ganze Familie. Er erzeigte sich als ein recht barmherziger Vater, so unser aller Trost ist. Gott segne Ihn! Anjetzo sucht man hierzulande nichts zu kaufen als Brot, den Hunger zu stillen, und Grobleinwand, sich zu bedecken; und muß dieses Unglück große Folgen nach sich ziehen, denn die reichsten Häuser in der Noort müssen zu Trümmern gehen. Gott sey Denen gnädig, die es betrifft! Von Cadix haben Nachricht, daß es allda ebenso arg beschaffen als hier. Euer Excellenz sehen sich wohl vor, mit wem sie zu thun; denn es werden diese zwo Städte in Europa große Confusion im Handel machen. Von Gibraltar ist auch Nachricht, daß die Werker, so von lauter Felsen, alle ruinirt. Das ganze Land bis durch Spanien hat gelitten, doch nicht so viel als hier, aber das Königreich Algarbien noch mehr als hier.

Lissabon, den 18. November 1755."

Der Geologe Albert Heim in Zürich hat nachgewiesen, daß sich eine Erdbebenperiode, die im Juli 1855 mit einem Stoße in der Gegend von Visp (im Schweizer Kanton Wallis) begonnen und sich bis Paris fortgepflanzt hatte, noch ins Jahr 1857 hinein fortdauerte. Wir haben hier also ein Beispiel von weiter Ausdehnung eines Erdbebens nicht nur im örtlichen, sondern auch im zeitlichen Sinne. Noch eklatanter in letzterer Beziehung ist die dreijährige Erdbebenperiode, die die griechische Provinz Phokis heimgesucht, 1870 begonnen und drei Jahre hindurch angehalten hat. Julius Schmidt berichtet darüber folgendermaßen:

„Nur selten finden wir in der Geschichte der Erdbeben so bedeutende Ereignisse verzeichnet, welche, wie die Verwüstung der Provinz Phokis, mit größter Gewalt ihren Anfang nahmen und mit zahllosen, darunter oft mächtigen Erschütterungen länger als drei Jahre anhielten. Viele der bis jetzt erhobenen Fragen der Wissenschaft, viele Experimente hätten zu reichen Ergebnissen führen müssen, wenn auch nur ein kundiger Beobachter in so langer Zeit gewesen wäre, der sich mit unerschütterlicher Ausdauer dem Studium der wechselvollen, oft gefährlichen Erscheinungen gewidmet hätte. Es ist aber nichts geschehen, und das Wenige, was ich selbst vier Tage nach dem Erdbeben in jenem Lande beobachtet und ermittelt habe, ist verschwindend dem gegenüber, was nun unwiederbringlich für die Wissenschaft verloren ist. Am Abend des 31. Juli erfolgte eine Erschütterung von ernsterem Charakter, deren Wirkung in Euböa, Attika und im Peloponnes nicht besonders auffiel, in Phokis aber den Einwohnern nach Stärke und Dauer einen drohenden Eindruck machte. Aber niemand ließ sie dadurch warnen, denn hier sind die Erdstöße überhaupt sehr häufig, und die Unglücksfälle von 1817 und 1861 waren von den meisten schon längst vergessen. In der darauffolgenden Nacht schliefen sehr viele der Hitze wegen im Freien, und so war der Verlust an Menschenleben nicht so groß, als er zur Winterszeit gewesen wäre. In der Frühe des 1. August, gegen $2\frac{3}{4}$ Uhr, begann der furchtbare Vertikalstoß, dem sogleich drehende und schwingende Bewegungen von größter Heftigkeit folgten, 15—20 Minuten anhaltend, nicht angezeigt durch den Donner, der später seiner großen Häufigkeit wegen kaum noch beachtet wurde. In wenigen Sekunden sanken in Trümmer: Itea, Xiropigadi, Chrysso, Delphi, dann Teile von Arachova und Amphissa

nebst manchen anderen Orten, isolierten Kirchen und Klöstern, von denen kaum mehr als nur vorübergehend einmal die Namen genannt wurden. 19 Minuten später erbebte die Erde abermals mächtig, und um 1½ Uhr nachmittags warf ein ungeheuerer Stoß den Rest der Trümmer zu Boden und veranlaßte am Parnaß, am Korax und Kirphis unerhörte Bergstürze. Ungezählte Bewegungen der Erde, Donner und mancherlei Getöse, Tag und Nacht nicht aussetzend, dauerten den ganzen August, September und Oktober. Viele der größeren Stöße erschütterten fast ganz Griechenland und Teile der Türkei; am 25. Oktober, als die meisten Bewohner im Freien waren, um die für sie erschreckende Erscheinung eines toten Nordlichtes zu betrachten, erfolgte ein Erdstoß von vernichtender Gewalt, so daß die Stadt Amphissa, die sich am 1. August noch ziemlich gut erhalten hatte, in einem Augenblicke zum größten Teile zertrümmert wurde, und daß zu Itea, Delphi u. s. w. jeder die Bretterhütten verließ, von denen noch viele zerrissen wurden. Alles, was man im Laufe der letzten 10—11 Wochen wieder neu erbaut hatte, wurde wieder zerstört. Es kam der Winter, und es mußten die Phokier unter den bedauerlichsten Verhältnissen in Holzverschlägen oder im baufälligen Mauerwerke eine schwere Zeit durchleben, fortwährend erschreckt durch neue bedeutende Erdstöße und ohne Hoffnung, daß die Bebung des Bodens bald aufhören werde. Wie weit die Zerstörungen reichten, wie hoch man den Verlust geschätzt habe, wie viele erschlagen oder verwundet wurden, nichts ist durch Druckberichte hinlänglich bekannt geworden; ich glaube aber, daß im ganzen wohl 100 umkamen, und zwar meist am 1. August, denn später war man vorsichtig und auch in den Notwohnungen mehr gesichert.

Man zählte vom 1. August 1870 bis zum 1. August 1873 nur 35 sehr große Stöße, oder vielmehr nur diese wurden in der Zeitung erwähnt oder mir brieflich mitgeteilt; ich bin aber darüber sicher, daß auf diese Weise kaum der zehnte Teil mir bekannt ward, und daß man für die drei Jahre 300—320 schwere Erdbeben ohne Uebertreibung rechnen kann. Hinsichtlich der Häufigkeit der Stöße zeigte sich im zweiten Jahre keine sonderliche Abnahme, doch wurden sie im ganzen schwächer; aber die Felsstürze und Donner gaben denen von 1870 wenig nach. Im Jahre 1871 wagte man noch nicht, steinerne Häuser zu bewohnen. Bis zum Winter 1880 hörte die Unruhe der Erde niemals ganz auf, und im Orte Montlia, zwischen Parnaß und Kirphis, fand man, daß drei Monate lang ein Ei, das man auf eine Metallplatte gelegt hatte, in steter zitternder Bewegung blieb. In den ersten drei Tagen gab es wenigstens in jeder dritten Sekunde ein Erdbeben, so daß täglich gegen 29000 zu rechnen wären.

Schon am 1. August hatte die Regierung Maßregeln zum Schutze der Unglücklichen beraten; am 3. August wurde beschlossen, eine Kommission nach Phokis zu senden, um neben anderen Erhebungen auch wissenschaftliche Beobachtungen zu machen; ich verließ mit Professor Christomanos noch an demselben Tage Athen; in der Frühe des 4. August kamen wir nach dem Isthmus von Korinth, und um 4 Uhr abends an die Küste von Phokis nach Itea. Da dieser Ort vollständig zertrümmert war und noch keine Zelte da waren, wählte ich mir in Rücksicht auf mögliche Anschwellung der See 200 Schritt östlich von Itea einen 3 m hohen Hügel zum Biwak. So lange wir noch auf dem Isthmus, dann im Verlaufe des Tages auf dem Meere waren, fühlten wir kein Erdbeben und hörten keine Detonation. Sobald wir Itea nahe kamen, hörten wir ungeachtet des lärmenden Dampfers die ersten unterirdischen Donner, und als wir die sehr verwüstete Anlegebrücke betraten, spürten wir Erdbeben in Menge, die indessen ohne besondere Stärke waren. Nach Einrichtung des Biwaks begann ich die erste genauere Beobachtung und ersah dazu den Boden unter einem Feigengebüsch; indes war der Wind noch zu lebhaft, das Geräusch der großen Bäume störte, so daß alle feineren Tonarten und die geringeren Bewegungen der Erde nicht sicher aufgefaßt werden konnten. Unter diesen Verhältnissen zählte ich in 35 Minuten 8 Erdbeben und noch mehr Detonationen von sehr mäßiger Stärke und Dauer. Nach Anbruch der Nacht war es nach Verminderung des Windes stiller, und in 10 Minuten zählte ich 16 Detonationen und verschiedene Schwingungen des Bodens.

Gegen Mitternacht verabschiedete ich alle überflüssigen Personen und richtete es so ein, daß ich die Nacht allein an der Nordseite des kleinen Hügels zubrachte, um in aller Ruhe die Erdbeben beobachten zu können. In einer Stunde zählte ich 71 Detonationen, von denen mindestens 16 mit deutlichen, zum Teil lebhaften Erdbeben verbunden waren; ich hatte aber den Eindruck, daß viele schwache Bewegungen des Bodens doch der Wahrnehmung entzogen würden, denn das Sausen des schwachen Windes hielt noch immer an, und mancherlei Lärm störte in der Beobachtung.

Nach 1 Uhr gedachte ich kurze Zeit zu ruhen, um später die Zählungen fortzusetzen; aber kaum hatte ich mich niedergelegt, als um 1 Uhr 27 Minuten 36 Sekunden ein Erdbeben von furchtbarer Gewalt alles rings in Schrecken und Bewegung versetzte. Die Luft war ganz still, ein großer, doch weicher tiefer Donner, ähnlich dem des Marinegeschützes, wenn es aus der Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Stunden Weges gehört wird, ging wenige Zehnteile einer Sekunde dem mächtigen Vertikalstoße voraus. Wie ein vom Sturme aufgeblähter Teppich schwoll der Boden empor, nicht nach Art einer Sprengung, sondern viel langsamer und trotz der erstaunlichen Wucht gewissermaßen sanft, mehr andrängend als stoßend. Ich fühlte mich in die Höhe geworfen, ohne doch das Gefühl ähnlich raschen Herabsinkens zu haben, da die Geschwindigkeit für diese Art von Bewegung doch nicht groß genug war, und es vielleicht 2—3 Sekunden dauerte. Ein Nachhall mit schwachen Vibrationen erfüllte die nächsten 8—10 Sekunden. Indem ich mich rasch faßte und aufstand, Blick und Gedanken besorgt auf die nahe See gerichtet, erhielt ich jetzt den vollen Eindruck von den vielumfassenden Wirkungen des Erdbebens. In dem Augenblicke des anstürmenden Donners und des Stoßes erscholl aus Westen das Poltern und Rasseln der Trümmer, die vielfach in dem nahen Itea durcheinander stürzten, vereint mit dem Aufschrei der Bevölkerung am Strande, das Gebell der Hunde, das kurze, scharfe Aufrauschen der See am nahen Ufer, wo sie kaum 2 m weit die normale Linie überschritt. Dann einige Sekunden Stille, und es kam von Osten der Schall vom Sturze gewaltiger Felsmassen, die sich allseitig von den Höhen des Kirphis loslösten, in Strömen und Schutthalden sich donnernd durch die Thalschluchten oder auf schroffen Wänden fortwälzten, und mit ungleichem Tone auf die Ebene oder auf die Fläche der See herabfuhren. Als nach Maßgabe der Entfernungen das sehr mannigfaltige Getöse zu Ende ging, hörte ich aus den Fernen schwächeren und tiefen Donner jener Felsmassen, die vom Parnaß herabkamen, und zuletzt vernahm ich von Westen und Nordwesten aus, vom Korax und von den Höhen von Amphissa, das Getöse der Felsblöcke, sehr verschieden von dem inzwischen erneuten Donner der nachfolgenden Erdbeben. Mitten in dem Aufruhre der großen Nachtscene hörte ich in der Nähe das klappernde Geräusch der aneinander schlagenden Blätter des Feigenbaumes, das Herabfallen der Heuschrecken und anderer Insekten von den trockenen Pflanzen, den ängstlichen Lauf nächtlicher Tiere, die erschreckt ihre Schlupfwinkel verlassen hatten.

Am 6. August ritten wir früh bei völlig klarer, ruhiger Luft nach Delphi; als es auf beschwerlichem Wege stark bergauf ging, stieg ich ab, um im Falle von Felsstücken mich freier bewegen zu können. Nach 7 Uhr hielten wir im südlichen Teile des Ortes, der in gänzlicher Vernichtung am Boden lag; nur einzelne Mauerreste standen noch, und es hatte sich selbst der kleine Turm einer Kirche aufrecht erhalten. Gegen Osten lagen Kloster und Kirche der Panagia und Trümmer unter den Oelbäumen, dazwischen sehr große Felsblöcke, die aus der Nähe herabgerollt waren, und uralte Bäume zerschmettert und entwurzelt hatten. Schutt, Felsstücke, Oelbäume und Pappeln lagen durcheinander in der steilen Schlucht, die neben dem Kloster im Thale des Pleistes mündet. Der kastalischen Quelle nahe, westlich, waren aus der glatten Wand der seit alters berühmten Phäriaden riesige Felsprismen von 300 bis 400 Fuß Höhe und 60 bis 80 Fuß Dicke herausgebrochen und gegen Süden auf das freie Feld niedergeschlagen, welches Delphi von der kastalischen Quelle trennt. Diese selbst waren nun von Blockwällen umgeben, deren Gestein von der östlichen Höhe herabkam; teilweise verschüttet, war sie von Süden her erst sichtbar, wenn

man den Trümmerwall überstiegen hatte. In der Meinung, daß diese ehrwürdige Stätte bald den Blicken entzogen werde, wagten wir es ungeachtet der Donner und Erdbeben sie nochmals in der Nähe zu betrachten. Nach Ablesung des Thermometers und der Wassertemperatur ward schleunigst der Rückweg angetreten. Die größte Furcht hatten wir an den steilen kolossalen Felswänden vor dem fallenden Gesteine aus der Höhe . . .

Nimmt man die Aussage wörtlich, daß in den drei ersten Tagen in der dritten Sekunde ein Erdbeben erfolgte, so wären es deren über 86 000 gewesen. Da ich vier Tage später zu Itea nach Zählungen fand, daß in 24 Sekunden mindestens 1700 bis 2000 Detonationen und Stöße fühlbar waren, und da es bekannt ist, daß bis zum Winter die Erde nie ganz zur Ruhe kam, so würde man mit Berücksichtigung derjenigen feinsten Bewegungen und Schallwirkungen, die Nachts noch deutlich aufgefaßt werden können, für die letzten fünf Monate von 1870 gegen 500 000 Erschütterungen und Detonationen annehmen dürfen, letztere drei- bis viermal häufiger als die ersteren. Da nun das Erdbeben $3\frac{1}{2}$ Jahre anhielt, so läßt sich ohne Uebertreibung sagen, daß am Epicentrum mindestens $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Million Erdbebenphänomen auftraten, darunter etwa 300 große und gefährliche mit Zerstörungen, etwa 50 000 Erdstöße, die man nicht beachtete, auf welche eine Viertelmillion Detonationen zu rechnen sind. Das übrige bestand in den feinen Vibrationen und Tönen, die zumeist nur Nachts wahrgenommen werden."

Es ist einleuchtend, daß eine solche ununterbrochene Kette von Erderschütterungen, wie sie hier geschildert und auch anderwärts wiederholt beobachtet worden ist, ebenso gut ihren ursächlichen Zusammenhang haben, also auf eine einheitliche Ursache zurückgeführt werden muß, wie jene weitausgedehnten Erderschütterungen der Erdoberfläche, die sich auf einen kurzen Zeitraum beschränken. Daß aber diese Ursache nicht vulkanischer Natur im engeren Sinne des Wortes sein kann, liegt auf der Hand, denn die vulkanischen Herde stehen ja erfahrungsmäßig unter sich selbst in keinem Zusammenhange, ein einzelner vulkanischer Herd kann aber nicht die Ursache eines so ausgedehnten Erdbebens sein. Wir dürfen uns daher auch den Herd solcher Erdbeben nicht als einen Punkt oder eine Reihe einzelner Punkte vorstellen, sondern müssen denselben vielmehr die Eigenschaften der Linie oder genauer gesagt, der Fläche zuschreiben.

Diese Art von Erdbeben ist, was die Häufigkeit des Vorkommens anbelangt, weitaus die überwiegende. Die Erdbeben in den Alpen gehören fast ausnahmslos in diese Kategorie. Die Wissenschaft hat ihnen den Namen „Stauungs"- oder „Dislokationsbeben" beigelegt und erklärt sich ihre Entstehung folgendermaßen: Wie schon früher erwähnt, runzelt sich infolge des Zusammenschrumpfens des sich abkühlenden Erdkörpers auch die äußere Rinde desselben und bildet jene Falten, Brüche, Verschiebungen und Ueberwerfungen, die die Schichtenlagerung unserer Gebirgsbildungen, auf die wir später noch ausführlicher zu sprechen kommen werden, deutlich erkennen läßt. Professor Favre in Genf hat diesen Vorgang durch ein ebenso einfaches als sinnreiches Experiment dargestellt. Er trug drei bis fünf Centimeter dichte Schichten feuchten Thones auf eine stark ausgespannte Kautschukplatte auf und ließ diese letztere sodann wieder sich zusammenziehen. Auf diese Weise bewirkte er eine Faltung der Thonschichten in völlig gleicher Weise, wie wir sie an der Formation der Alpen, des Jura, der Apalachen in Nordamerika und anderer Kettengebirge beobachten können. Der Unterschied zwischen dem zierlichen Experiment und der rauhen Wirklichkeit ist nur der, daß hier der Faltungsprozeß nicht so geräusch- und anstandslos sich vollzieht, wie im Experiment. Die tiefliegenden Schichten sind infolge ihrer ungeheuren Belastung und des seitlichen Gegendruckes in einen Zustand versetzt, den man — wenigstens mit Rücksicht auf die Art seiner Rückwirkung — als Geschmeidigkeit bezeichnen möchte, und sie fügen sich infolgedessen den formbildenden Kräften. Die oberen Schichten dagegen bekunden während des Verlaufes des Faltungsprozesses ihre ganze steinerne Sprödigkeit; sie brechen und reißen, und die einzelnen Stücke verschieben, stauen, sperren sich, um sich dann plötzlich auszulösen, zu bersten, zu rutschen oder zu sinken. Jeder solche Zwischenfall bekundet sich durch eine mehr oder minder heftige Erschütterung, die der ganzen

Ausdehnung des Bruches, der Rutschung oder Senkung entlang fortläuft und auf die in unmittelbare oder mittelbare Mitleidenschaft gezogene Umgebung sich überträgt. Oft tritt die Katastrophe plötzlich, oft ganz allmählich ein, oft macht sie sich durch einen einzigen oder mehrere rasch aufeinander folgende Stöße bemerkbar, oft teilt sie sich in mehrere Abschnitte, zwischen denen längere oder kürzere Ruhepausen liegen. Ein Beispiel der ersteren Art giebt uns die Katastrophe von Lissabon, als ein Beispiel letzterer Art verweisen wir auf das von Heim Ausgeführte. Die Stauungserdbeben sind jedenfalls für die Erkenntnis der Entwickelungsgeschichte unseres Erdballes die wichtigsten Erscheinungen dieser Art. Wie Gewitter den gewaltsamen Ausgleich der Spannungsverhältnisse der Luft- und Erdelektricität darstellen, so haben wir in den Stauungserdbeben den gewaltsamen Ausgleich der Spannungsverhältnisse der immer mehr und mehr zusammenschrumpfenden Erdrinde zu erblicken.

Neben den vulkanischen und den Stauungserdbeben kommt aber noch eine dritte Art von Erdbeben vor: es sind dies die sogenannten Einsturzbeben d. s. solche Erschütterungen des Erdbodens, die durch den Zusammenbruch unterirdischer Hohlräume entstehen. Diese Art von Erdbeben wird nur selten beobachtet und ihre Bedeutung ist eine rein lokale, da ihrer Natur gemäß eine Rückwirkung auf die nicht direkt von einem solchen Einsturzbeben betroffene Stelle nur auf die allernächste Umgebung derselben denkbar ist. In der Regel ist es die gesteinsauflösende Thätigkeit des Wassers, die solche Einsturzbeben verursacht; für eines derselben, das von ganz besonders verheerender Wirkung war, giebt Palmieri (1807—1896), der Direktor des Observatoriums auf dem Vesuv, eine besondere Ursache an. Es handelt sich hierbei um das bekannte Erdbeben von Casamicciola auf der Insel Ischia, das im Jahre 1881 den genannten Ort zerstört und 118 Menschenleben zum Opfer verlangt hat; eine Wiederholung desselben trat am 20. Juli 1883 ein und war in ihren Wirkungen noch verheerender als das erste Erdbeben. G. vom Rath berichtet über das Erdbeben von 1881:

„Das Erdbeben vom 4. März um 1 Uhr 5 Minuten nachmittags wurde auf der ganzen Insel Ischia gefühlt, sowie auf Vivara und Ventotene. Vom nahen Festlande liegt indes nicht eine einzige Angabe vor (ein Beweis, wie beschränkt der Wirkungskreis dieses an sich so heftigen und verheerenden Einsturzbebens gewesen ist). Das durch Beschädigung und Zertrümmerung der Gebäude heimgesuchte Gebiet nimmt eine ovale Fläche ein, in der man wieder eine innere Ellipse stärkster Verheerung unterscheiden kann. Diese centrale Ellipse mißt von Osten nach Westen 1900 m bei einer Breite von 550 m. Das Dorf Casamicciola fällt fast seiner ganzen Ausdehnung nach in die östliche Hälfte dieses Ovales. In der äußeren Zone, welche bei einer Breite von $2^1/_2$ km einen Längendurchmesser von $3^1/_2$ km besitzt, sind noch Beschädigungen der Gebäude, wie Risse und Spalten, vorgekommen, doch keine vollständigen Verwüstungen. In dem inneren Bezirke muß das Erdbeben furchtbare Gewalt gehabt haben; die Verheerungen wurden durch einen senkrechten Stoß bewirkt, der ohne alle Vorzeichen plötzlich eintrat. Die Gebäude, aus dem lockeren Tuffe des Monte Epomeo gebaut, besitzen flache Dächer, welche in einem Augenblicke zu Boden stürzten und alles Lebendige unter den Trümmern begruben; wäre die Katastrophe in der Nacht erfolgt, so wären fast alle Bewohner des Dorfes getötet worden. Auch so war die Zahl der Opfer noch sehr groß: 118 Tote und 17 Schwerverwundete, von denen noch manche ihren Leiden erlagen. Bemerkenswert ist das Erdbeben wegen seiner momentanen Wirkung. Bei ähnlichen Ereignissen konnten bisweilen die Menschen eine schützende Thorwölbung oder auch das Freie gewinnen und sich retten. Nicht so bei dem Stoße von Casamicciola am 4. März; die Menschen wurden genau an der Stelle erschlagen, wo sie standen und saßen. Geführt von dem Kommandierenden der Genietruppen, welche zur Ausgrabung der Leichen, zur Wegräumung der Schuttmassen hergesandt waren, durchwanderte ich die Ruinenstätte. Eins der ersten Zeugnisse von der furchtbaren Gewalt des Stoßes gaben zwei gemauerte vierseitige Thorpfeiler der Villa Barbaresi, welche $1^1/_2$ m über die Gartenmauer hervorragten. In der Höhe der Mauer waren die Pfeiler horizontal abgebrochen, die getrennte Masse des einen war unter gleichzeitiger Drehung etwas verschoben,

das losgelöste Stück des anderen Pfeilers war zertrümmert und herabgestürzt. Ueberall fanden wir die furchtbarsten Verwüstungen; die Kirche Purgatorio war eingestürzt, die älteren Häuser teils Trümmerhaufen, teils einsturzdrohende Ruinen; daß die sehr schlechte Bauart an dem vollständigen Zusammenbruche so vieler Gebäude mit schuld war, das beweisen die besser gebauten neuen Häuser, so die beiden Sentinellen und das Hotel Bellevue, welche zwar beschädigt, aber nicht eingestürzt sind."

Während bei diesem Erdbeben noch nicht der vierte Teil der Häuser des so schwer heimgesuchten Ortes zerstört worden war, blieb 1883 nur ein einziges derselben unbeschädigt stehen, und es wurden auch noch andere Ortschaften der Insel arg mitgenommen, so daß über die Hälfte der Häuser der betroffenen Ortschaften beschädigt wurde, ein Drittel derselben einstürzte und nur etwa der neunte Teil derselben unversehrt blieb; der Hauptort Ischia, der nur geringen Schaden litt, bleibt hierbei außer Rechnung. Die Zahl der Toten belief sich nach amtlicher Ziffer auf 2313, die der Verwundeten auf 762. Diese ungeheuere Verlustziffer erklärt sich aus dem Umstande, daß der Hauptstoß um 9 Uhr 25 Minuten abends, also zu einer Zeit erfolgte, wo sich bereits der größte Teil der Einwohnerschaft und der anwesenden Sommergäste zur Ruhe begeben hatte.

Palmieri meint nun, die Katastrophe von Casamicciola in folgender Weise erklären zu können: die Ortschaft steht auf Thonlagern, die schon von alters her zur Verfertigung von Ziegeln und Töpferwaren ausgebeutet wurden, wobei von einem kunstgerechten Bergwerkbetriebe nicht die Rede sein konnte. Infolgedessen wurde der Boden schließlich vollkommen unterwühlt und die auf solche Weise gebildeten Hohlräume stürzten nun ganz oder teilweise ein. Man hätte es somit hier mit einem durch Menschenhand vorbereiteten Einsturzbeben zu thun, an welchem der Vulkanismus der Insel (in der Mitte derselben erhebt sich der 792 m hohe Vulkan Epomeo, auch giebt es hier heiße Quellen, die den Ort vor seiner Zerstörung zu einem stark besuchten Kurorte gemacht hatten) entweder gar nicht oder nur mittelbar beteiligt war; thatsächlich zeigten die überaus feinen seismometrischen Instrumente des Vesuv-Observatoriums trotz der Nähe der Unglücksstätte zur Zeit der Katastrophe keinerlei Bewegung, an ferner gelegenen Seismographen (so zu Rom, Velletri und Florenz) wurden allerdings leise Zuckungen beobachtet. Palmieri ging so weit, die Mitwirkung vulkanischer Kräfte ganz in Abrede zu stellen und gab nur die Möglichkeit unterirdischer Auswaschungen durch die Wasser der heißen Quellen zu, wobei er zur Begründung seiner Ansicht auf die sehr geringe Ausdehnung und das plötzliche, völlig unvermittelte Eintreten der Hauptstöße hinwies; doch wurde dagegen geltend gemacht, daß die Katastrophe von 1881 allerdings durch keinerlei Vorzeichen sich angekündigt habe, daß aber 1883 schon eine Woche vorher leichte Erdbewegungen und eine stärkere Thätigkeit der Fumarolen bemerkt worden und dem Hauptstoße eine leichte Erschütterung mit unterirdischem Geräusch vorangegangen war. Auch sollen nachträgliche Untersuchungen des Zustandes der Thongruben die auf diesen begründete Annahme Palmieris nicht bestätigt haben, ja der vulkanische Charakter der Ereignisse von 1881 und 1883 auf Ischia soll sogar durch die nähere Untersuchung der vulkanischen Verhältnisse dieser Insel insofern nachgewiesen worden sein, als dieselben ergaben, daß Ischia von zwei unmittelbar bei Casamicciola sich kreuzenden Spalten durchzogen wird, so daß eine Regung geschmolzener Massen in der Tiefe gerade hier den besten Angriffspunkt zur Verursachung von Erdbeben finden würde.

Einsturzbeben sind auch häufig im Karstgebiete vorgekommen, haben sich aber immer nur als Erscheinungen von ganz lokaler Natur erwiesen; einzelne Häuser versanken in die Tiefe und wurden samt ihren Einwohnern begraben. Als Ursache wird auch hier die auswaschende Wirkung des Wassers angesehen, das gerade in diesem Gebirge in zahlreichen, bald unterirdisch verlaufenden, bald wieder zu Tage tretenden Adern den Boden durchsetzt. Aus dem Kohlenbergwerk Königshütte in Schlesien wird von dem Einsturz einer Strecke berichtet, in der die Kohle in einer Mächtigkeit von 24 Fuß abgebaut worden war; die durch den Einsturz verursachte Erschütterung war mit einer starken Detonation verbunden und wurde im Umkreise von einer Stunde deutlich empfunden, obgleich der Herd derselben

von so geringer Ausdehnung war. In manchen Fällen — so bei einem Erdbeben, das in Chile 1822 stattfand — hat man angenommen, daß nicht Senkung, also Einsturz, sondern vielmehr Hebung die Ursache von Erdbeben gewesen sei. Doch bezeichnen maßgebende Fachgelehrte, wie Fuchs und Süß, diese Annahme als mindestens zweifelhaft, und ihre Begründung durch die Beobachtung, daß bei solchen Erdbeben der Stoß in der Richtung von unten nach oben erfolge, ist jedenfalls unrichtig. Wenn auch thatsächlich Steine, die Dächer der Häuser, ja diese selbst in die Höhe geschleudert und ein Mastbaum aus dem Lager, in welchem er eingerammt war, senkrecht herausgeschnellt wurde, so ist hieran keineswegs ein von unten nach oben wirkender Stoß schuld, sondern, wie Neumayr hervorhebt, gerade die umgekehrte Bewegung. Wenn ein Erdbeben durch das Absinken eines Teiles der Erdrinde entsteht, so werden wir an der Oberfläche nicht diese Bewegung nach abwärts als solche bemerken, sondern vielmehr das Aufprallen nach der Bewegung in Form eines senkrecht nach oben gerichteten Stoßes. Auch bei dem eben erwähnten Einsturz des Stollens in Königshütte sprangen in unmittelbarer Umgebung der Einsturzstelle verschiedene Gegenstände gleich Bällen in die Höhe.

Die meisten Erdbeben sind von unterirdischen Geräuschen verschiedenster Art begleitet, die das Ohr mitunter in der Richtung, in der der Stoß selbst sich fortpflanzt, verfolgen kann, bald ist es ein donnerartiges Gepolter, bald ein Krachen oder ein Klirren, Knirschen und Knistern, wie wenn unterirdische Schuttmassen sich aneinander reiben. Eine der bemerkenswertesten Erscheinungen, von denen die Erdbeben begleitet sind, ist das Entstehen von Spalten oder Rissen im Erdboden, die sich manchmal wieder schließen, manchmal auch dauernd geöffnet bleiben. Während des heftigen Erdbebens, das 1692 die Insel Jamaika in den Antillen erschütterte, öffneten sich Hunderte von Spalten mit einem Male, um sich ebenso schnell wieder zu schließen. Eine große Anzahl von Menschen wurde von diesen Spalten verschlungen oder zwischen ihren Wänden zerdrückt; einige dieser Opfer der Katastrophe wurden gleichzeitig mit mächtigen Wasserschwällen sofort als Leichen wieder ausgeworfen. Im Norden der Insel entstand ein so ausgedehnter Riß, daß er die auf einer Fläche von 400 ha befindlichen Pflanzungen nebst allen ihren Bewohnern verschlang. An Stelle des auf solche Weise vernichteten Kulturlandes bildete sich ein See, der in der Folge wieder austrocknete, ohne daß auf seinem Grunde etwas anderes vorgefunden worden wäre, als Schutt und Sand ohne die geringste Spur von Bäumen oder Häusern, die früher hier gestanden hatten.

Besonders zahlreich traten diese Erdrisse während des großen Erdbebens auf, das im Jahre 1783 Calabrien verheerte. Ein Gebiet von 22 italienischen Meilen im Umkreise, das den Mittelpunkt des Erschütterungsgebietes bildete, wurde durch den senkrecht von unten nach oben wirkenden Hauptstoß vollkommen verheert; fast alle im Umkreise dieses Gebietes gelegenen Städte und Dörfer wurden niedergeworfen. Im weiteren Umkreise von 72 Meilen Halbmesser traten ebenfalls bedeutende Verwüstungen ein, wenngleich sie nicht das gleiche Maß erreichten. Nach einer Schilderung von Hoff begann das Ereignis am 5. Februar bei gewitterschwüler Luft und unheimlicher Windstille. Die Haustiere zeigten große Unruhe und irrten unsicher hin und her. Es erhob sich ein dumpfes und deutliches Murmeln in der Luft, und plötzlich sauste ein Windstoß mit sonderbarem, dumpfem Geräusche über die Landschaft hin, und die Erde fing an, unter leichten, wellenförmigen Bewegungen zu erbeben. Kurz nach Mittag erfolgte der erste heftige Stoß und richtete sofort die greulichste Verwüstung an. Ihm folgten mehrere andere, und von da an blieb der Boden wochen- und monatelang in fortwährender Bewegung. Nachdem schon die Nacht vom 6. zum 7. Februar neue heftige Stöße von stärkerer Wirkung gebracht hatte, erfolgte ein solcher am 1. März, und am 28. desselben Monats trat ein durch zwei Minuten anhaltendes Beben von so heftiger Art ein, daß alles zerstört wurde, was bis dahin verschont geblieben war. Bemerkenswert ist, daß sich die Wirkungen dieses Erdbebens nur auf der Westseite der Gebirgskette äußerten, die das südliche Calabrien durchzieht, während die dem Jonischen Meere zugekehrte Ostseite nur an einzelnen Stellen von

unerheblichen Beschädigungen heimgesucht wurde. In der Meerenge von Messina wurde die See von den Erdstößen in gleicher Weise bewegt, wie zwei Jahrhunderte früher bei dem Erdbeben von Lissabon; sie zog sich plötzlich weit vom Ufer zurück und kehrte gleich darauf in hoher Welle mit solcher Geschwindigkeit wieder, daß sich viele Menschen, die sich aus ihren vom Einsturz bedrohten Häusern an die Küste geflüchtet hatten, von der riesigen Woge weggespült, ebenso alle am Ufer liegenden Fahrzeuge von ihr verschlungen wurden. Wo in der von dem Erdbeben am stärksten betroffenen Gegend bis dahin enge Flußthäler und lang hingestreckte Abhänge mit steileren Wänden vorhanden waren, wurden Teile des erhöhten Erdreiches von klaffenden Spalten, die sich hier bildeten, verschlungen, mitunter auch an die gegenüberstehende Thalwand geworfen, so daß der Lauf der Wässer gehemmt wurde und stellenweise kleine Seeen und Teiche entstanden. Auch zahlreiche, auf eine kleine Fläche zusammengedrängte, runde Oeffnungen mit gespaltenen Rändern bildeten sich und füllten sich bis oben mit Wasser. Nicht minder merkwürdig als diese Oeffnungen waren die sternförmigen Erdrisse, deren eine unsere nebenstehende Abbildung zeigt. Diese Erdrisse gingen strahlenförmig von einem Mittelpunkte aus und hatten das Aussehen einer durch ein Geschoß zertrümmerten Glasscheibe. Lyell beschreibt das Entstehen und Verschwinden dieser Erdrisse während des Vorübergehens der Erdbebenwelle in folgender Weise: „In demselben Maße, in welchem die wellenförmige Bewegung auf der Oberfläche des Bodens vorschritt, öffneten sich Spalten und Risse und schlossen sich dann wieder, so daß Häuser, Vieh und Menschen in einem Augenblicke von ihnen verschlungen wurden, ohne daß es möglich gewesen wäre, auch nur die mindeste Spur von ihnen zu erblicken, nachdem sich die Seitenflächen der Risse wieder aneinandergefügt hatten. Man begreift, daß derselbe Vorgang in kleinem Maßstabe stattfinden würde, wenn ein aus großen Steinplatten hergestelltes Pflaster durch irgend eine mechanische Kraft emporgehoben und sich dann schnell wieder senken würde, um seine frühere Lage einzunehmen. Wenn sich hierbei einige kleinere Steine nächst der Fuge zweier Steinplatten befinden würden, so würden sie während der Erhebung des Pflasters in die entstandene Oeffnung fallen und von derselben verschlungen werden, so daß auch nicht die Spur von ihnen bliebe, nachdem die Steinplatten wieder in ihre frühere Lage zurückgekehrt sind.“



Erdrisse in der Gegend von Jerocarno (Calabrien),
verursacht durch das Erdbeben von 1783.
(Nach Guillemin „Météorologie“.)

Auch Sand- und Schlammkrater werden durch Erdbeben gebildet, wenn das Grundwasser durch die von ihnen verursachten Risse in der Bodendecke an die Oberfläche geschleudert wird und sich dabei mit Sand und Schlamm vermischt. Einen solchen Vorgang schildert Süß folgendermaßen: „Am 10. Januar 1869 trat in der Provinz Kachar östlich vom Brahmaputra (in Vorderindien) ein heftiger Erdstoß ein und veranlaßte große Veränderungen in den Alluvien (dem aufgeschwemmten Erdreich). Auf viele Quadratmeilen hin

liegen hier 10 bis 13 m von härterem Thone auf einer mit Wasser gesättigten Lage von blauem Silte. Nun sah man meilenweite Sprünge längs der Flüsse entstehen und ebenso meilenweit die obere Lage des Schwemmlandes auf der wasserreichen Unterlage gegen die Flüsse abgleiten. Der Silt drang durch die klaffenden Sprünge herauf; zuerst kam mit der Heftigkeit eines Kanonenschusses trockener Staub, so daß man wohl meinen konnte, es schieße Rauch empor; aber sofort folgte der zähe Schlamm, welcher eine Lippe um die Oeffnung bildete und wohl auch abfloß. Als die Erschütterung vorübergegangen war, sah man den Alluvialboden von großen Sprüngen durchzogen, welche an vielen Orten durch Senkung der einen Seite des durchschnittenen Landes zu wahren Verwerfungsklüften wurden und dann an der Oberfläche nur als niedrige Abstürze erschienen; zwischen oder auf diesen Sprüngen entstanden runde oder elliptische, kraterähnliche Oeffnungen, oft umgeben von einem Walle von Sand und Schlamm. Bei vielen der größeren Oeffnungen waren jedoch nach dem Hervorbrechen Sand und Schlamm wieder in die Oeffnung zurückgeströmt und hatten dabei deren Kante mit hinabgerissen, so daß nur eine unregelmäßige trichterförmige Tiefe zurückblieb."

Wie schon erwähnt, wird gleichzeitig mit oder in unmittelbarer Folge von Erdbeben eine heftige Bewegung des Meeres beobachtet, als deren Ursache der seitliche Stoß betrachtet werden muß, den der in die Bewegung des Erdbebens mit einbezogene Küstenrand auf das Wasser ausübt. Man nennt solche Ereignisse Seebeben, und wir haben ihre verheerenden Wirkungen bereits kennen gelernt. Während eines heftigen Erdbebens, das 1746 die Stadt Lima in Peru zerstörte, wurde gleichzeitig der 11 km westlich von dieser Stadt gelegene Haupthafen Callao der genannten Republik von einer 80 Fuß hohen Erschütterungswoge überflutet und völlig zerstört. Der größte Teil der 4000 Köpfe zählenden Einwohnerschaft wurde getötet. Von 23 Schiffen, die zu jener Zeit im Hafen lagen, versanken 19 sofort, und die 4 übrigen wurden von der Woge eine Stunde weit landeinwärts getragen und dort aufs Trockene gesetzt. Die Trümmer des zerstörten Hafenortes liegen südlich des heutigen Callao auf dem Meeresboden.

Nach dem Vorhergesagten haben wir in den Stauungs- oder Dislokationsbeben — auch tektonische Erdbeben genannt — die ausgedehntesten und verheerendsten Erderschütterungen zu erblicken. Sie gehen von Rissen und Brüchen der infolge des Zusammenschrumpfens des Erdkörpers brüchig gewordenen Erdrinde aus und folgen der Richtung derselben in den sogenannten seismischen, Stoß- oder Schütterlinien. Die vulkanischen oder Explosions-Erdbeben sind auf weit kleinere Gebiete beschränkt und die Einsturz- oder Auswaschungsbeben im engsten Sinne des Wortes lokaler Natur. Je nachdem die durch ein Erdbeben verursachte Bewegung der Erdoberfläche eine wellenförmige oder eine stoßförmige ist, bezeichnet man das Erdbeben als undulatorisches oder succusorisches. Erstreckt sich die Wirkung eines Erdbebens auf eine mehr oder weniger kreisförmige Fläche, wobei sich die Erschütterungen gleichmäßig nach allen Seiten hin fortpflanzen, so nennt man es ein centrales und sein Gebiet Erschütterungskreis, seinen oberflächlichen Mittelpunkt Epicentrum. Pflanzt sich dagegen die Erschütterung nur nach einer Richtung fort, so werden solche Erdbeben lineare und ihr Gebiet wird Erschütterungszone genannt. Zur Beobachtung der Fortpflanzungsrichtung, des Zeitpunktes und der Stärke der Erderschütterungen bedient man sich eigener Instrumente, die Seismometer oder Seismoskope und, wenn sie zugleich die Ergebnisse ihrer Funktion selbstthätig aufzeichnen, Seismographen genannt werden. Das älteste dieser Instrumente ist 1784 von Salsano in Neapel erfunden worden und bestand aus einem Pendel, das mit Kugelgelenk versehen war, so daß es nach allen Seiten schwingen konnte; am unteren Ende dieses Pendels war eine Spitze angebracht, die in eine darunter befindliche Schicht feinen Sandes eingriff. Erfolgte nun ein Erdstoß, so setzte sich das Pendel in der Richtung desselben in Bewegung, und seine Spitze zeichnete eine Marke auf der Sandfläche, aus deren Länge man zugleich die Kraft des Stoßes erkennen konnte. Ein anderes Seismometer bestand aus einem flachen Gefäße, das mit Quecksilber gefüllt und in seinem

überstehenden Rande nach den acht Hauptrichtungen der Windrose mit Oeffnungen versehen war. Durch den Erdstoß wurde das Quecksilber nach derjenigen Seite der Schale durch die betreffende Oeffnung in derselben herausgeworfen, die der Richtung des Stoßes entgegengesetzt war. Neuere Seismometer sind nach den gleichen Grundsätzen konstruiert. Das Pendel wird mittels einer elektrischen Leitung mit einer Kontrolluhr verbunden, die in dem Augenblicke, da der Stoß erfolgt, eine Hemmvorrichtung auslöst, durch welche die Kontrolluhr zum Stehen gebracht wird. Dadurch wird der Zeitpunkt des Stoßes festgestellt; im Uebrigen wirkt das Pendel in ähnlicher Weise, wie bereits angegeben. Um aber jede Täuschung durch Zufälligkeiten zu verhindern, ist in angemessener Entfernung ein zweiter Pendelapparat aufgestellt und mit dem ersten in die gleiche elektrische Leitung eingeschaltet, deren Strom erst dann auf den Hemmungsapparat wirkt, wenn beide Pendel gleichzeitig in Schwingung versetzt werden. Der alte Quecksilberapparat hat ebenfalls zweckmäßige Verbesserungen erfahren; für vertikale Bewegungen verwendet man Federseismographen. Wagner hat einen Seismographen konstruiert, der nicht nur Zeit und Richtung des Stoßes selbstthätig auf Papier niederschreibt, sondern auch die Größe der Bewegung angiebt, welche die Erdoberfläche erleidet. Die feinsten und zuverlässigsten Apparate dieser Art werden in Italien hergestellt. Palmieri führte im Observatorium auf dem Vesuv elektrische Seismometer ein, bei denen ein nach allen Richtungen hin leicht bewegliches Pendel den elektrischen Kontakt*) nach verschiedenen Seiten hin herstellt und durch elektromagnetische Telegraphen, die in die einzelnen Teilleitungen eingeschaltet sind, die Weltgegend angeben, gegen die der Erdstoß jeweilig gerichtet ist.

Wir haben in diesem und dem vorhergegangenen Kapitel zwei Kräfte kennen gelernt, die an der plastischen Gestaltung der Erdoberfläche in umfassender Weise beteiligt sind: den Vulkanismus und die Schwerkraft. Der erstere hat in der ältesten Periode der Bildung der Erdkruste wohl eine Art Alleinherrschaft behauptet und Gestaltungen geschaffen, die jetzt nur noch in beschränkten Gebieten vorkommen, damals aber vielleicht weit großartigerer Natur waren. Die Schwerkraft begann in entscheidender Weise in die Gestaltung der Erdoberfläche einzugreifen, als der ungleichartige Abkühlungsprozeß der Rinde und des flüssigen Kernes bereits weit genug vorgeschritten war, um jene ausgedehnten Risse und Brüche hervorzubringen, hier durch die Senkungen, dort Hebungen großer Stücke der Erdrinde verursacht, das Emporsteigen ausgedehnter Gebirgszüge und die Bildung weiterer Meeresketten zur Folge hatten. Im folgenden Kapitel werden wir nun zwei weitere Kraftquellen kennen lernen, die an den rohen Urgebilden, die jene hervorgebracht hatten, weiter gearbeitet und dieselben in der mannigfaltigsten Weise umgeformt und ausgestaltet haben. Es ist dies die Luft und das Wasser.

---

*) Kontakt s. v. w. Zusammenschluß, bezeichnet bei elektrischen Leitungen auch die Vorrichtung, durch die der Kontakt, d. h. der Schluß des elektrischen Stromes vermittelt wird. Derlei Vorrichtungen müssen natürlich immer aus zwei getrennten Teilen bestehen, durch deren Vereinigung eben der Kontakt bewirkt wird, während derselbe, so lange sie getrennt sind, aufgehoben und der elektrische Strom infolgedessen unterbrochen ist. Wird ein Teil der Kontaktvorrichtung am Pendel selbst angebracht und rings um dieses eine beliebige Anzahl ergänzender Teile gruppiert, deren jeder durch eine besondere Leitung mit einem Kontrollapparat verbunden ist, der die einzelnen Himmelsrichtungen angiebt, so vermittelt das Pendel, je nach der Richtung, in welcher es durch den Erdstoß in Bewegung gesetzt wird, die Schließung des Stromes durch Berührung eines dieser Kontaktpunkte, und der Kontrollapparat giebt dann die entsprechende Richtung an.

Viertes Kapitel.

Die Luft.

Vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte aus betrachtet ist die Luft, die unseren Erdkörper umgiebt, nichts anderes als jener Teil der Erdmaterie, der seinen gasförmigen Aggregatzustand bei der niedrigsten Erdentemperatur beizubehalten vermag und infolgedessen auch die geringste Dichtigkeit, das geringste Gewicht von allen irdischen Stoffen besitzt und als oberste Schicht der gesamten Erdmasse zurückgeblieben ist. Die Bestandteile, aus denen die Luft, die wir auch als Atmosphäre*) bezeichnen, zusammengesetzt ist, kommen in der Natur keineswegs immer im gasförmigen Zustande vor, sondern sind vielmehr sehr häufig an feste oder tropfbarflüssige Körper gebunden. Die wichtigsten dieser Bestandteile sind der Sauerstoff und der Stickstoff; dazu tritt auch noch ein sehr geringer Zusatz von Kohlensäure und ein weiterer Zusatz von Wasserdampf, der entweder in gasförmigem Zustande in der Luft schwebt und durch sein Vorhandensein die Brechung und Zerstreuung des Sonnenlichtes bewirkt, oder aber in Gestalt von Nebel oder Wolken sich verdichtet und dann dem Auge sichtbar wird, oder endlich durch Gefrieren in festen Zustand übergeht und als Hagel oder Schnee zu Boden fällt. Unter Umständen erhalten sich auch kleinste Teile fester Körper, wie Rauch oder Staub, kürzere oder längere Zeit schwebend in der Luft; auch natürlich oder künstlich entwickelte Gase können derselben beigemengt sein, doch beschränkt sich dies immer nur auf bestimmte Oertlichkeiten und zu einer gleichmäßigen Verteilung solcher Beimengungen in ausgedehnteren Luftschichten kommt es niemals.

Das Verhältnis, in welchem die beiden Hauptbestandteile der atmosphärischen Luft bei dem gegenwärtigen Entwickelungszustande der Erde miteinander gemischt sind, ist überall das gleiche: Auf 20,9 Raumteile oder 23,1 Gewichtsteile Sauerstoff kommen 79,1 Raumteile, bezw. 76,9 Gewichtsteile Stickstoff. Obgleich der Sauerstoff das schwerere dieser beiden Gase ist, so finden wir es doch selbst in den höchsten, menschlicher Beobachtung zugänglichen Höhen annähernd in dem gleichen Verhältnis mit dem leichteren Stickstoff gemischt wie an der Oberfläche des Bodens; es erklärt sich dies aus der fortwährenden Bewegung der Luftmassen, die durch verschiedene Erwärmung derselben in der Weise bewirkt wird, daß sich die wärmere Luft in die Höhe erhebt, die kältere nachströmt und nach ihrer Erwärmung ebenfalls emporsteigt, so daß eine Strömung entsteht, die sowohl in der Richtung nach oben als auch — infolge des Nachdrängens seitlicher Luftmassen — in einer längs der Oberfläche hinstreichenden, schräg aufwärts oder schräg abwärts verlaufenden Richtung stattfinden. Infolge der erheblichen Wärmeunterschiede zwischen den Zonen (der äquatorialen oder tropischen, den beiden gemäßigten und den arktischen und antarktischen kalten oder Polarzonen) sowie der Drehung der Erde um ihre Achse, werden Luftströmungen hervorgerufen, die sich über die ganze Erde verbreiten. Man nennt sie Passate. Sie treten nördlich vom Aequator als Nordost-, südlich von demselben als Südostwinde auf; zwischen ihnen liegt die windstille Region der Calmen. Die vom Calmengürtel aufsteigende warme Luft strömt in den oberen Schichten als Gegenpassat in der Richtung gegen die Pole ab und wird infolge der Erdumdrehung auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt, in den höheren Breiten aber infolge der fortgesetzten Ablenkung in eine rein westliche Strömung verwandelt, so daß dort die Luft der höheren Schichten in einem großen Wirbel um die Pole kreist.

---

*) Atmosphäre im weiteren Sinne des Wortes nennt man jede gasförmige Umhüllung eines anderen Körpers, also auch beispielsweise die Photosphäre der Sonne oder im Experiment das gasförmige Medium, mit welchem man einen Körper behufs Herbeiführung einer chemischen Reaktion oder zu sonst einem Zwecke umgiebt.

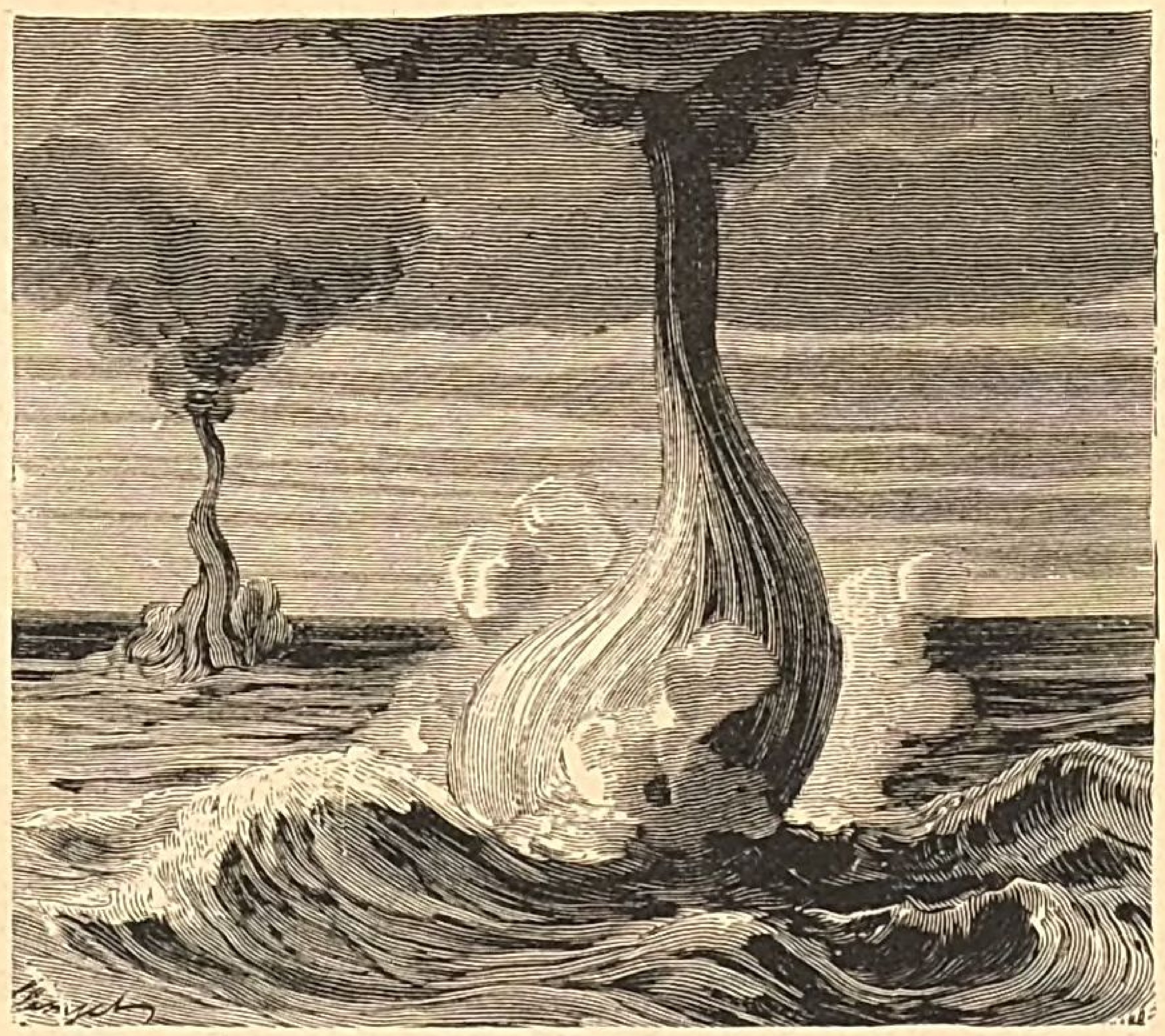
Auch die ungleichmäßige Erwärmung neben einander liegender großer Land- und Meeresstrecken verursacht während bestimmter Zeitabschnitte regelmäßige Luftströmungen, die auf die Passatströme störend einwirken; es sind dies die Monsune, die am stärksten über dem Indischen Ocean nördlich vom Aequator auftreten. Das asiatische Festland wird im Sommer stark erhitzt und es steigen über demselben warme Luftsäulen auf, an deren Stelle vom Meere her kältere Luft zuströmt. Diese aus südwestlicher Richtung kommende Strömung heißt Sommermonsun und unterbricht den Nordostpassat im nördlichen Teil des Indischen Oceans. Im Winter herrscht dagegen über dem Indischen Ocean ein Luftdruckminimum und es strömt daher die Luft vom Lande her nach der See als Nordostmonsun oder Wintermonsun ab. Der Sommermonsun ist feucht und bringt Regen, der Wintermonsun schwächer als jener und trocken; der Wechsel zwischen beiden tritt in der Regel in den Monaten April und Oktober ein und bringt veränderliche Winde und Windstillen oder jene Wirbelstürme mit sich, die als Taifune*) bekannt sind. Solche Luftwirbel, deren Ursprung wahrscheinlich die warme feuchte Luft über den Oceanen ist, sind in den Tropen selten und zeichnen sich hier durch große Heftigkeit der Luftbewegung bei verhältnismäßig geringer Flächenausbreitung aus; in den höheren Breiten treten sie dagegen häufig auf und breiten sich über bedeutende Flächen aus, doch ist die Luftbewegung hier weit geringer. Diese Luftwirbel nennt man Cyklone; in der Mitte derselben liegt ein verhältnismäßig windstiller Raum, der bis zu 30 Seemeilen Durchmesser haben kann und dem sich der Luftwirbel in spiralförmiger Bewegung nähert, um schließlich darin aufzusteigen. Während der vom Luftwirbel bestrichene Ring von schwerem Gewölk überdeckt wird, dem Regenfälle und elektrische Entladungen entströmen, scheint über dem windstillen Centrum häufig die Sonne. Das von dem Winde gepeitschte Wasser sieht an der Oberfläche kochend aus. Kleine Cyklone nennt man Tornados; ihre Bahn hat eine Breite von 50—2400 m, ihre Fortbewegung hat eine Geschwindigkeit von 5—27 m in der Sekunde, die Länge der Bahn schwankte bei einer größeren Zahl beobachteter Tornados zwischen 3 und 1280 km. Den Mittelpunkt der Tornados bildet meist eine Wettersäule — Wasser- oder Windhose genannt —, die von der allerseits von unten zuströmenden und nach dem Mittelpunkte hin spiralförmig drängenden Luft emporgehoben wird und bei



Wettersäule auf dem Festlande.

*) Der Name lautet bei den Chinesen, deren Gewässer von diesen Stürmen häufig aufgesucht werden, Tai-fung (auch Süi-fung); die Engländer schreiben aber „typhon" und knüpfen damit an den in der homerischen Sage als Urheber der bösartigen Glut- und Wirbelwinde geschilderten Riesen Typhon an.

genügend feuchter Luft einen schlauchartigen Fortsatz erhält, der aus einer häufig Regen oder Hagel herniedersendenden Wolke besteht. Der heftige Luftstrom reißt Gegenstände, die er erfaßt, mit in die Höhe, wobei leichtere Körper sehr hoch emporgetragen werden und dann, oft in Eis gehüllt, mit dem Hagel zusammen wieder niederfallen. Manche dieser Wettersäulen erreichen Höhen von über 1000 m; sie sind keineswegs immer mit Tornados verbunden, sondern treten auch als selbständige Erscheinung von nur geringem Durchmesser auf. Von großer Heftigkeit sind die „Hurricane" genannten Luftwirbel, die sich in der Nähe der Kap Verdischen Inseln bilden, quer über den Atlantischen Ocean nach Westindien ziehen, dort eine scharfe Wendung gegen Nordosten machen und dann längs des Golfstromes gegen Europa hinstreichen, um entweder dem Golfstrom in nördlicher Richtung zu folgen, der Polarregion zuzueilen oder über einen kleineren oder größeren Teil des europäischen Kontinentes selbst hinweg zu brausen. Solche Wirbelstürme herrschten namentlich in den Jahren 1807 und 1821. Auch das Mittelmeer entsendet zur Winterszeit häufig Wirbelstürme, die quer durch Europa ziehen und starke Schneestürme mit sich bringen.



Wettersäule auf dem Meere.

Neben den periodischen und mehr oder weniger regelmäßigen Luftströmungen, die die Atmosphäre der Erde in Bewegung setzen, giebt es selbstverständlich auch solche mehr lokaler Natur, die hauptsächlich mit dem Wechsel von Tag und Nacht, der Verteilung von Wasser und Land und der verschiedenen Erhebung des Bodens zusammenhängen. Die hohen Gebirge üben einen ganz besonderen Einfluß auf die Richtung und Beschaffenheit der Luftströmungen aus, wenn sie in westöstlicher Richtung verlaufen, weil in diesem Falle die wärmeren aus dem Süden kommenden Luftströmungen zu einer bedeutenden Höhe aufsteigen müssen, um diese Gebirge überschreiten zu können, während die kältere Luft der nördlich solcher Gebirge liegenden Gegenden in ihren unteren Schichten an dem Abströmen nach südlicher Richtung gehindert ist; auf das Klima von Mitteleuropa üben die Alpen insofern einen wesentlichen Einfluß aus, als sie warme und mit den Wasserdämpfen der südlichen Meere gesättigte Luftströmungen zurückhalten und ihren Feuchtigkeitsgehalt dadurch absorbieren, daß derselbe durch die in den höheren Regionen stattfindende Abkühlung zur Verdichtung gebracht wird und auf den zu beträchtlichen Höhen emporstarrenden Wänden und Gipfeln des Hochgebirges als Schnee sich niederschlägt. Die außerordentlichen Unterschiede der Temperatur wie der Witterung im Allgemeinen, die in den unmittelbar an den Alpen gelegenen Gebieten diesseits und jenseits derselben herrschen, kann man in augenfälligster Weise beobachten, wenn man, von Norden kommend, die Alpen überschreitet und in das südlich derselben gelegene Gebiet übertritt. Diesseits herrschen oft rauhe Herbststürme, ja sogar ein bis in die tieferen Thäler herab sich erstreckender Schneefall, während drüben noch die Herrlichkeit des Sommers über die Fluren ausgebreitet ist; denn wie die hohe Bergwand die warmen Lüfte des Südens nicht herüber bringen läßt, so schützt er diesen zugleich vor dem rauhen Nordwinde. Andererseits kommt aber der Umstand ausgleichend zur Geltung, daß die Luft am fähigsten zur Aufnahme der Wärme in ihren untersten Schichten ist, weil sie hier infolge des Druckes der darüber liegenden Luftmassen am dichtesten und zugleich

dem — zur Aufnahme der Sonnenwärme besser als die Luft geeigneten — Erdboden am nächsten gelegen ist. Sobald die am Boden erwärmte Luft höher emporsteigt, kommt sie in immer dünnere, unter geringerem Druck stehende Luftschichten und kann sich in diesen leichter ausbreiten, wodurch sich ihre Wärme rasch verteilt. Es tritt hierdurch eine Abkühlung ein, die noch gesteigert wird durch die Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes der Atmosphäre in ihren höheren Schichten. Es bedarf nämlich eines bestimmten Wärmegrades, um Wasser in gasförmigem Zustande in der Luft verteilt zu erhalten; bleibt die Temperatur unter diesem Wärmegrade, so verdichtet sich das Wassergas zu größeren Tropfen, die zu Nebeln — aus der Entfernung als Wolken gesehen — sich vereinigen und bei noch weiter vorschreitender Verdichtung als Niederschläge zu Boden fallen.

Man nimmt an, daß die wolkenbildenden Tröpfchen bis zu $1/_{16}$ mm Durchmesser haben können, meist aber kleiner sind und daß noch bei einer Temperatur von 10 ° C. Kälte die tropfbarflüssige Beschaffenheit der einzelnen Wasserteilchen, aus denen sich die Wolken zusammensetzen, erhalten bleiben kann. Aber auch dann wenn sie gefrieren, gestattet die äußerst feine Eiskrystallbildung, daß sich der Zusammenhang der Wolkengebilde noch eine Zeit lang erhält. Da in den meisten Fällen die Wolken aus aufsteigenden, reichlich mit Wassergas gesättigten, warmen Luftströmen entstehen, so werden sie eben durch die Bewegung dieser Luftströmung schwebend erhalten, und erst wenn sie in Luftschichten geraten, in denen vollständige Ruhe herrscht, werden sie langsam zu sinken beginnen. Kommen die Wolken in eine Luftschicht, die von einer kalten Strömung durchweht wird, so verdichten sie sich, und es entstehen, wie schon früher gesagt, Niederschläge. Hierbei spielen aber wahrscheinlich die von unten emporsteigenden, wasserdampfhaltigen Luftsäulen die entscheidende Rolle. Das Aufsteigen von Luft ist immer mit einer Ausdehnung verbunden, weil die aufsteigende Luft leichter, also auch weniger dicht sein muß als diejenige, die sie verdrängt oder an deren Stelle sie tritt. Mit dem Aufsteigen ist aber zugleich die Abkühlung der aufsteigenden Luftmasse verbunden, falls diese nicht erneuerte Wärmezufuhr durch die Sonne oder die umgebenden Luftschichten erhält. Das Sinken der Temperatur bringt aber wieder Zusammenziehung der abgekühlten Luftmasse mit sich, und diese hat nun dasselbe Maß von Feuchtigkeit festzuhalten, obgleich sie einen kleineren Raum einnimmt als vorher; mit anderen Worten, sie wird relativ (verhältnismäßig) reicher an Feuchtigkeitsgehalt, und die Zunahme dieses letzteren steigert sich, wenn die gleichen Verhältnisse fortdauern, bis zur Sättigung. Wird der Sättigungspunkt überschritten, so trennt sich der Wasserdampf von der Luft und es bilden sich zuletzt die schon erwähnten kleinen Wassertröpfchen, in größeren Höhen jene feinen Eiskrystalle, aus denen die Wolke zusammengesetzt ist. Bei fortschreitender Verdichtung fließen die kleinen Wassertröpfchen zu größeren zusammen, die Eiskrystalle vereinigen sich zu Flocken und es fällt Regen oder Schnee. Unter Umständen kann auch ein Zusammenschmelzen und Wiedergefrieren der Eiskrystalle stattfinden, wobei diese sich zu dichteren Eiskörpern verbinden, und in diesen Fällen tritt jene Form von Niederschlägen ein, die man als Graupeln bezeichnet. Auch Regen kann während des Niederfallens gefrieren und zu Eisregen werden. All diese Vorgänge von der Wolkenbildung bis zum Niederschlage hängen in ihrer Entwickelung von den herrschenden Verhältnissen, der Temperatur, dem Feuchtigkeitsgehalt und dem Drucke der Luft ab und können sich daher in mannigfaltigster Weise gestalten. Durch kleinere aber heftige Luftwirbel und durch Gewitter, auf die wir noch später zu sprechen kommen werden, kann eine ganz plötzliche Verdichtung der in den Wolken enthaltenen Wasserdämpfe erfolgen, die man als Wolkenbruch bezeichnet. Im Frühling und in der ersten Sommerhälfte, wo sich die Atmosphäre über dem Festlande stark erwärmt, während in den höheren Regionen und über den Meeren noch niedrigere Temperaturen herrschen, gelangen die aufsteigenden Luftströmungen leicht in sehr kalte Räume, wo der von ihnen mit emporgetragene Wasserdampf rasch gefrieren kann. Finden sich nun in diesen höheren Luftschichten ebenfalls größere Mengen von Wasserdunst vor und bilden sich kleinere Luftwirbel, so kommt es zur Hagelbildung, indem größere Mengen von Wasserdampf sich zu Eismassen verdichten, die in der Regel einen undurchsichtigen weißlichen Kern

bergen; dieser sieht einer kleineren Menge zusammengeballten Schnees ähnlich, während außen herum eine Hülle glasartigen Eises sich ansetzt. Urbanitzky schreibt über diese merkwürdige Naturerscheinung in seinem Buche „Elektricität des Himmels und der Erde“:

„Zu den merkwürdigsten Naturerscheinungen, welche in Begleitung von Gewittern beobachtet werden, gehört der Hagel. Die ihm eigentümliche Unregelmäßigkeit in der Art seines Auftretens und seiner Verbreitung, seiner Form und sonstigen Beschaffenheit erschwert sehr die endgültige Erklärung dieser Erscheinung. Der Hagel fällt in Form kleiner, halbzerflossener Eiskörnchen fast bei jedem Gewitterregen; er fällt aber auch in nußgroßen und noch größeren Stücken von bedeutender Härte, die dann alles zermalmen, was sie treffen; dabei ist die Menge des zur Erde geschleuderten Eises zuweilen eine ganz kolossale.

Angot erzählt über den Hagelfall vom 7. Mai 1865, der im Departement du Nord (namentlich zu Vend'huile und Catelat) bedeutenden Schaden anrichtete, auf Grund des Berichtes einer nachträglich eingesetzten Kommission interessante Details. Hiernach erreichten die einzelnen Hagelkörner die Größe von Taubeneiern, zusammengefrorene Eisstücke selbst jene von Hühnereiern. Die Hagelmenge war so groß, daß durch sie der Ablauf des Wassers auf der Erde aufgehalten wurde; infolge des fortwährenden Wachsens dieses Hindernisses nahm der Regenbach bald die Form einer fortrollenden Woge an, die mit einer Höhe von mindestens zwei Meter, einer Lawine gleich, über die Straße stürzte.

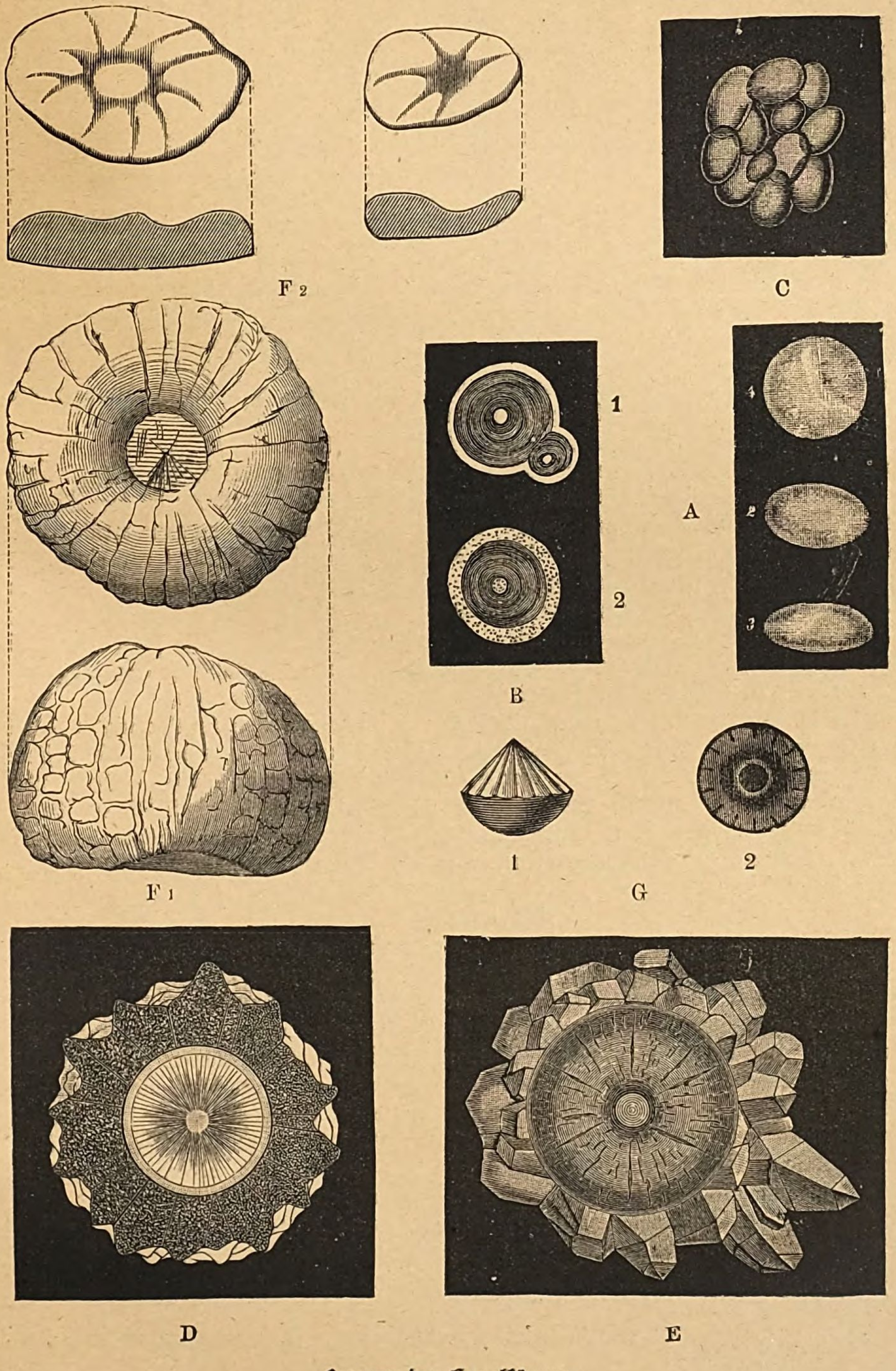
Das merkwürdigste ist die an den oben genannten Orten gefallene Menge des Hagels. Ein kleiner Vorgraben des Kanals Saint-Quentin erhielt ein solches Volumen von Wasser und Hagel, daß die Flut die hohen Ufer überstieg; vor sich her schob sie einen gewaltigen Kohlenhaufen und zerstörte das Bett der schiffbaren Straße. Des anderen Tages früh konstatierte man, daß sich der Hagelniederschlag bei einer durchschnittlichen Breite von 20 m auf eine Länge von 462 m erstreckt hat; die Höhe der Schicht überschritt an manchen Punkten 5 m, so daß also die auf die Erde gefallene Eismasse das ganz erstaunliche Volumen von 40 000 cbm ausmachte.

Stromabwärts von der Vend'huile-Brücke breiten sich die Wiesen von Ossec aus; diese waren auf 2 km Länge und 200 m Breite von mehr als 600 000 cbm Hagelkörnern bedeckt, welche am 13. Mai, also sechs Tage nach dem Hagelfall, noch nicht verschwunden waren. Hierzu muß noch bemerkt werden, daß diese enorme Hagelmenge nur jenen Teil des gefallenen Eises darstellt, welcher, aufgehalten durch die Bäume, Gesträuche, Dämme und Häuser des Ortes Ossec, nicht durch das Wasser fortgeführt werden konnte.“

Ueber einen, durch seine lange Dauer besonders auffallenden Hagelschlag, beobachtet zu Gießen am 1. Juni 1886, hat C. Fromme in der „Meteorologischen Zeitschrift“ ausführlich berichtet.

Nachdem am Mittag des 1. Juni eine unerträgliche Schwüle geherrscht hatte, zogen um 3 Uhr Gewitterwolken aus Süd-Südwest herauf, welche gegen $3^1/_2$ Uhr die ersten Regentropfen unter anhaltendem, aber schwachem Donner sandten. Kurz vor 4 Uhr mischten sich in den Regen kleine, bis 1 cm dicke Hagelkörner, welche allmählich dichter fielen, und deren Größe fortwährend wuchs bis zu einer Dicke von 3 cm, während zugleich ein strömender Regen niederging, welcher alle Straßen fast unter Wasser setzte. Das Unwetter ließ dann auf kurze Zeit nach, wiederholte sich aber bald wieder heftiger als zuvor. Dabei wuchs wiederum die Größe des Hagels von kleinen Stückchen an bis zu schließlich 4 cm dicken Stücken. Wieder ließ das Wetter für kurze Zeit nach, dann aber brach, bei hellem Sonnenschein, ein derartiger Hagelfall mit stärkerem Regen los, daß der Erdboden vollkommen weiß wurde. Erst um $5^3/_4$ Uhr war das Unwetter definitiv abgezogen.

Während der ganzen Zeit stand das Thermometer auf 19 Grad C., die Windstärke war gering, nur zeitweise frischte der Wind auf, namentlich in den Pausen, so daß vertikal stehende Fensterscheiben nur in geringer Anzahl zerstört wurden, während dagegen die Zahl der zerschlagenen unter den schräg stehenden Scheiben eine enorme war. Die Richtung des Windes ging während des Wetters von Süd nach Ost und Nordost und zwar auf kleinem Raum sehr verschieden. So zeigten die Rauchsäulen zweier um 10 Minuten in nord-



Formen der Hagelkörner.

südlicher Richtung entfernter Fabrikschornsteine fast entgegengesetzte Windrichtungen an. Die Ausdehnung des Hagelwetters war denn auch eine geringe; es erstreckte sich in der Breite (Südost-Nordwest) auf ca. $1^1/_2$ Wegstunden, in der Länge (Südwest-Nordost) auf ca. 2 Wegstunden. Es begann an der südlichen Grenze der Gießener Gemarkung. Die elektrischen Entladungen während des Hagelwetters waren unbedeutend. Die Intensität des Hagelfalles aber wird man daraus beurteilen können, daß noch am Mittag des 2. Juni in der Stadt überall Haufen von Hagelkörnern zu finden waren, obwohl die Temperatur in der Nacht nur auf 12 Grad C. fiel und morgens um 9 Uhr schon wieder 20 Grad C. erreicht hatte. Der Berichterstatter meint, daß dieser Hagelschlag durch seine lange Dauer vielleicht einzig dastehen dürfte; doch muß hierzu bemerkt werden, daß auch anderweitige Berichte, so diejenigen H. Mayers über die Gewitter des oberen Leinethales am 1. Juni 1886 von Hagelschauern zu erzählen wissen, die stellenweise eine Stunde und darüber angedauert haben. Am 23. Juli 1886 ging von 12 Uhr mittags bis fast gegen 6 Uhr abends über Trautenau, Basnitz, Hohenbruck, Regnitz, Altenbuch, Weigelsdorf, Pilisdorf ein fürchterliches Gewitter nieder. Der Hagelfall währte etwa drei Stunden mit kurzen Unterbrechungen und war von zahlreichen Blitzschlägen begleitet.

Am selben Tage ging über einen Teil des Nikolsburger, Kromauer und Znaimer Bezirkes ein fürchterliches Unwetter nieder. Während einer Viertelstunde fielen nußgroße bis hühnereigroße Schloßen. Sämtliche am Halme stehende Feldfrüchte der Ortschaften Leipertitz, Treskowitz, Grußbach, Taitz, Kronau und Grillowitz wurden vernichtet. Im Karlshofe bei Grußbach wurde einem Kinde durch den Hagel die Schädeldecke eingeschlagen.

Ebenfalls am selben Tage ging über Mattersdorf und Umgebung ein furchtbarer, mit Hagelschloßen in der Größe von Hühnereiern gemengter Wolkenbruch nieder, der an den Kulturen großen Schaden anrichtete. Der Hagel fiel bei der Einfahrt eines Eisenbahnzuges in die Station derart dicht, daß die Reisenden nicht auszusteigen wagten und sich zur unfreiwilligen Fahrt bis zur nächsten Station bequemen mußten.

Am 15. Mai 1887 ging über Marchegg ein furchtbares Hagelwetter nieder — eines solchen konnte man sich schon seit Jahrzehnten nicht erinnern —, welches die hoffnungsvolle Kornernte in der Ried „Auf der Haide" vollständig vernichtete. Der Schaden, welcher auf mindestens 20 000 Gulden geschätzt wird, ist um so empfindlicher, da keiner der Beschädigten versichert war. Auch aus Gmünd wurde gemeldet, daß um 5 Uhr nachmittags daselbst ein Hagelwetter niedergegangen ist, bei dem Schloßen von 35 mm Durchmesser gefallen sein sollen.

Wir geben auf S. 301 einige Abbildungen von Hagelkörnern, von denen die mit A 1—3 bezeichneten drei Formen von Hagelkörnern einfachster Art darstellen. Die kugelförmige Gestalt, wie sie in A 1 dargestellt ist, kommt nur selten vor; meist sind die Hagelkörner mehr ellipsoidisch wie A 2 oder auch abgeplattet wie A 3. Ihre Oberfläche ist entweder platt oder mehr oder weniger mit warzenförmigen Erhöhungen besetzt. Harting hat die bei einem Hagelwetter am 9. September 1846 zu Utrecht gefallenen Körner näher untersucht und giebt folgende Beschreibung derselben: Spaltet man ein Hagelkorn mit einem scharfen Messer, so erscheint der weiße undurchsichtige Kern, durch ein Vergrößerungsglas betrachtet, wie aus kleinen Eiskryställchen und eingeschlossenen Luftbläschen zusammengesetzt. Die aus dichterem glasigen Eise bestehende Hülle macht den größten Teil des Steines aus. Bei näherer Betrachtung ergiebt sich, daß diese Eismasse aus einer Anzahl verschiedener Schichten besteht, wie dies unsere Abbildung B 2 zeigt. Jedes Korn ist endlich wiederum von einer weißen undurchsichtigen Schicht umgeben, die im Bau mit dem des Kernes übereinstimmt und zahlreiche Luftbläschen einschließt. Manche Hagelsteine enthalten zwei oder auch drei Kerne (vergl. Abbildung B 1).

Bringt man ein Hagelkorn unter das Mikroskop, so nimmt man nach Harting, während es langsam schmilzt, wahr, daß das Eis aus 0,2 bis 0,1 mm im Durchmesser haltenden Kügelchen besteht, die teilweise aber auch länglich sind und zwischen denen man hier und da kleine Luftbläschen beobachtet (vergl. Abbildung C).

Hagelkörner, wie sie Delcros am 4. Juli 1819 zu La Braconnière, Departement Mayenne, beobachtete, stellt unsere Abbildung D in halber Größe im Durchschnitt dar. Den kleinen centralen Kern umschloß ein größerer, aus einer strahligen, weißen, undurchsichtigen Masse bestehender, welcher wieder von einer Schicht durchsichtigen Eises umgeben war. Die äußere Oberfläche wurde durch zahlreiche, pyramidenförmige, mit den Spitzen nach außen gekehrte Stücke gebildet, welche aus dichtem durchsichtigen Eise bestanden, in dem strahlenartige Streifen sichtbar waren. Diese äußere Zone durchsichtigen Eises ist in unserer Figur durch dunklere Schattierung ausgezeichnet.

Aehnlich diesen Hagelsteinen sind jene, welche Abich am 9. Juni 1869 in der Nähe von Tiflis beobachtet hat; die Abbildung eines der letzteren in natürlicher Größe ist in der Abbildung E wiedergegeben. Der centrale Teil des Hagelkornes stellt einen sphäroidalen, in der Mitte gleichmäßig von beiden Seiten her eingedrückten Körper von reinem, aber wegen eingeschlossener Luftblasen undurchsichtigem Eise dar, dessen Aequatorialdurchmesser gegen 3 cm betrug. Auf diesem Centralkörper erhoben sich nun, und zwar vorzugsweise innerhalb des größten Kreises des Sphäroids, teils vereinzelte, teils zusammengedrängte Krystalle von durchsichtigem Eise, deren Kanten durch Schmelzung nur schwach abgerundet waren. Das rhomboedrische System erschien in diesen Krystallen in mannigfaltigen Abänderungen deutlich repräsentiert.

Die Stadt Warschau wurde am 4. Mai 1887 gegen 3 Uhr 35 Minuten nachmittags von einem Hagelwetter heimgesucht, das sowohl wegen seiner Heftigkeit besondere Beachtung verdient, als auch wegen der Form der Hagelkörner, die man aus den Abbildungen F 1 und F 2 ersehen kann. Die beiden oberen Figuren bringen Form und Querschnitt, die untere, obere und Seitenansicht von solchen Körnern zur Anschauung. Sie waren nicht rund, sondern ziemlich unregelmäßig begrenzt, zumeist abgeplattet und in der Mitte kreisförmig oder ringförmig vertieft. Die von dieser Einsenkung gegen den Umfang des Kornes verlaufenden Linien waren sehr deutlich zu sehen und mit diesen stimmte die Richtung der Krystallisation überein. Der Centralkern löste sich zuweilen los und bildete dann eine ziemlich runde Kugel mit radialer (nicht concentrischer) Struktur*). Die Luft war nach dem Gewitter, welches übrigens nicht mehr als 20 Minuten gedauert hat, durchaus nicht abgekühlt. Einige Minuten nach dem Gewitter füllten sich die Rinnsteine auf den Straßen sehr merkbar mit fast schwarzem (aber nicht trübem) Wasser.

Die ersten Hagelkörner fielen um 3 Uhr 26 Minuten nachmittags und der Hagelfall überhaupt dauerte nicht länger als 7 Minuten; das Gewitter als solches war nach 20 Minuten vollkommen zu Ende, nur leichter Regen dauerte noch einige Zeit an. Die Temperatur, welche vor dem Gewitter im Schatten 25 Grad C. überschritten hatte, sank nur um 5 Grad. Es waren zwei übereinandergehende Windströmungen deutlich zu beobachten: ein Ostwind, welcher am Morgen herrschte, und ein Westwind, der dem Phänomen kurz vorherging. Der elektrische Zustand der Atmosphäre war ein derartiger, daß die Benützung des Telephons unmöglich wurde. Dem Hagelfalle selbst ging eine ganz ungewöhnliche Dunkelheit voran, auf welche ein trockenes, knatterndes Geräusch folgte, ähnlich einem Musketenfeuer. Die Richtung des Hagelfalles war west-östlich, die Neigung gegen den Horizont sehr gering. Die schwersten Körner wogen beiläufig 65 g.

Die durch den Hagelfall angerichteten Verwüstungen überschritten weit alle Voraussetzungen. Mehr als 500 000 Fensterscheiben wurden eingeschlagen, die Gemüsegärten vollständig zerstört, Zink- und Eisenblechbedachungen durchlöchert und viele Personen schwer verletzt (eine derselben ist gestorben). Man erinnert sich an ein solches Hagelwetter seit 19. Juli 1857 nicht mehr. Die in den Gärten allein verursachten Schäden werden auf die sehr erhebliche Summe von 100 000 Rubeln geschätzt.

Am 19. Dezember 1884 wurde zu Amiens ein Hagelfall bei heftigem Nordwest-Gewittersturm beobachtet, und zwar zuerst während der Nacht und dann gegen 11 Uhr

*) Radial von Radius, Halbmesser, s. v. w. der Richtung des Halbmessers entsprechende Struktur; im Gegensatze zu concentrischer Struktur, die in concentrischen d. h. um einen gemeinsamen Mittelpunkt laufenden Kreisen angelegt ist.

vormittags; die größten Hagelkörner erreichten hierbei einen Durchmesser von 13 bis 15 mm. Die Hagelkörner, deren Fall über eine Minute gedauert hatte, besaßen die Form einer Pyramide mit kugelförmiger Basis (Abb. G 1); der Winkel an der Spitze betrug ungefähr 120 Grad. Sie waren schneeweiß und fast undurchsichtig; der Querschnitt (Abb. G 2) zeigte in der Mitte einen Kern, der noch undurchsichtiger war als die übrige Eismasse.

C. Fromme hat während des oben erwähnten Hagelwetters in Gießen am 1. Juni 1886 eine große Anzahl von Stücken auf ihren Bau geprüft und ist hierbei zu nachstehenden Resultaten gelangt:

Im Innern der Hagelkörner hat man zuweilen kleine Stückchen Stroh, auf Island sogar vulkanische Asche eingeschlossen gefunden. Man erzählte auch von in der Nähe von Orenburg im Jahre 1824 gefallenen Hagelkörnern, welche als Kerne Eisenerze besessen haben sollen; im Jahre 1825 sei im selben Bezirke abermals ein derartiger Hagel mit Steinkernen gefallen. Diese Angaben werden indes von maßgebender Seite als zweifelhaft bezeichnet. Am 4. Juli 1883 sollen auch in Hagelkörnern, die am Maelarsee in Schweden gefallen waren, Quarzsteine von 0,9 bis 5,8 Gramm Gewicht eingeschlossen gewesen sein.

Als Kuriosität sei schließlich noch erwähnt, daß bei einem im Jahre 1860 in Leipzig stattgehabten Hagelfalle Hagelkörner aufgelesen wurden, von denen eines ungefähr 9 cm Durchmesser und die Gestalt einer Artischocke mit darauf ruhender, napfkuchenähnlicher Krone hatte, während ein anderes von 5 cm Durchmesser von Kugelgestalt war und an seiner Oberfläche über und über mit zapfenartigen Erhöhungen in ähnlicher Weise wie die Ananasfrucht bedeckt war.

In der Regel sind die Hagelfälle nur von geringer Dauer; manchmal setzt ein Hagelzug stellenweise ganz aus, um erst nach kürzerer oder längerer Pause aufs neue seine Eismassen zu entladen. Es scheint, daß größere Wasserflächen insofern von Einfluß auf die Hagelzüge sind, als diese nicht leicht über solche hinweggehen können. Jeder Laie wird schon beobachtet haben, daß sich ein heraufziehendes Hagelwetter durch besondere Färbung des Gewölkes auszeichnet. Neben dieser gelblichen oder auch rötlichen Färbung will man häufig auch ein zipfel- oder schlauchförmiges Niederstreben des Gewölkes gegen die Erde beobachtet haben, wie dies bei Tornados und Wettersäulen vorkommt. In neuester Zeit wird dieser Naturerscheinung, die jedenfalls die charakteristischste Form des Niederschlages darstellt, erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet. Zur Zeit sind aber noch viele dabei in Betracht kommende Verhältnisse wenig oder garnicht aufgeklärt.

Die gewöhnlichste Form gefrorener Niederschläge ist diejenige des Schnees. Wir haben bereits auf S. 84 die mannigfaltigen Formen veranschaulicht, in denen die Krystallisation des Schnees erfolgt, und dabei auch darauf hingewiesen, welchen Einfluß die Temperatur auf die Krystallisationsform ausübt. Je niedriger die Temperatur bei einem Schneefall ist, desto weniger unterliegen die einzelnen Schneekrystalle dem Zusammenbacken; bei höherer Temperatur bilden sich aus denselben Schneeflocken, deren Größe im gleichen Verhältnis zur Höhe der Temperatur steht. Man hat beobachtet, daß noch bei 10 Grad Wärme an der Erdoberfläche Schneefall eintreten kann. Doch ist dies nur möglich, wenn sich der Schnee in hohen, weit kälteren Regionen gebildet hat und so schnell und dicht zur Erde fällt, daß er in der tiefer unten herrschenden hohen Temperatur nicht rasch genug zum Schmelzen gebracht werden kann, weil er in sich selbst ein genügendes Maß niedriger Temperatur mitbringt, um die entsprechende Abkühlung zu bewirken. Als Grenze des Schneefalles auf flachem Lande kann für die nördliche Erdhalbkugel der Wendekreis des Krebses ($23^1/_2$ Grad nördl. Br.), für die südliche der 35. Breitengrad angenommen werden. Da sich die Lufttemperatur in vertikalem Sinne, d. h. in der Richtung von der Erdoberfläche gegen den Himmelsraum zu, rasch vermindert, so können in einer gewissen Höhe die atmosphärischen Niederschläge nur in Form von Schnee niederfallen, und diese Höhe richtet sich wieder nach der Jahreszeit und nach der Breitenlage des betreffenden Ortes. Auf die Unterschiede, die die Jahreszeit mit sich bringt, wollen wir hier nicht

näher eingehen, da sie ohne Belang sind; wichtiger ist dagegen der Einfluß der Breitenlage auf die „Schneelinie“ eines bestimmten Ortes, d. h. auf die Bestimmung derjenigen Höhe, in welcher die atmosphärischen Niederschläge nur in Form von Schnee niederfallen können. Der europäische Kontinent hat seine niedrigste Schneelinie an der norwegischen Küste (884 m ü. M.); in den Alpen erreicht sie die Höhe von 2800 m; im Kaukasus liegt die Schneelinie an der Ostseite dieses Gebirges 4300 m, an der Westseite dagegen nur 3570 m ü. M.; an der Südseite des Himalaya 4940 m, an der Nordseite 5670 m. Der Kilima=Ndscharo in Mittel=Afrika hat eine Schneelinie von 5000 m ü. M.; in den Anden Süd=Amerikas schwankt sie zwischen 5620 (in Bolivia) und 4500 m (in Chile), sinkt aber in Patagonien auf 1830 und an der Magelhaensstraße auf 1100 m herab. Auf der Insel Süd=Georgien, die östlich vom Kap Horn unter 54° 5′ südl. Br., also annähernd ebenso weit vom Südpol wie Berlin vom Nordpol gelegen ist, reicht die Schneelinie bis auf den Meeresspiegel herab, während sie auf Spitzbergen (unter dem 77. Grad nördl. Br.) noch 460 m über demselben bleibt. Auf die Höhe der Schneelinie hat, wie schon diese Beispiele zeigen, nicht allein die Breitenlage entscheidenden Einfluß, sondern es kommen dabei auch noch andere Verhältnisse, namentlich die Verteilung von Wasser und Land und die Menge der Niederschläge in Betracht. Sehen wir beispielsweise die oben für den Himalaya angegebenen Ziffern an, so finden wir, daß diejenige des nördlichen Abhanges dieses Gebirges die des südlichen um ein Beträchtliches (annähernd 700 m) übersteigt, obgleich die Temperatur an dem letzteren eine bedeutend mildere ist. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daß die Niederschläge an der Südseite des Himalaya bedeutend reichlicher sind als an der Nordseite, die gegen die weiten Wüstenstrecken Innerasiens hin abfällt. Es häufen sich infolgedessen an den über der Schneelinie gelegenen südlichen Hängen des Gebirges weit mehr Schneemassen an, als an den nördlichen mit ihren seltenen Niederschlägen, und das Wegschmelzen derselben nimmt daher viel mehr Zeit in Anspruch als an der Nordseite. Dadurch erhält sich an der Südseite eine bis in größere Tiefe hinabreichende niedrige Temperatur, durch die die tiefere Lage der Schneelinie erklärt wird.

Man bezeichnet die über der Schneelinie gelegene Region auch als die Region des **ewigen Schnees**, mit welcher Bezeichnung aber nicht die Vorstellung verbunden werden darf, als bliebe hier ein und derselbe Schnee immerwährend liegen. Während der Sommerszeit schmilzt vielmehr Jahr für Jahr ein Teil des während der kälteren Jahreszeit gefallenen Schnees und wird durch neuen ersetzt; dabei verwandelt sich durch das Einsickern des Schmelzwassers der tieferliegende Schnee in Eiskörner, deren jedes für sich ein unvollkommenes Eiskrystall darstellt, und bei fortwährendem Wechsel des Schmelz= und Gefrierprozesses bildet sich aus der ganzen Masse weißes, blasiges Eis, aus dem sich schließlich durch den Druck der auflastenden Massen und durch die Durchsetzung mit Schmelzwasser, das immer wieder aufs neue gefriert, eine völlig kompakte Masse entwickelt. Diese letztere wird als **Gletschereis** bezeichnet, wogegen die in solcher Weise umgewandelte Gesamtmasse der Niederschläge, die sich in der Schneeregion aufsammelt, als **Firn***) bezeichnet wird. Da das Wasser vermöge seines tropfbarflüssigen Aggregatzustandes die Fähigkeit und das Bestreben hat, der Schwerkraft zu folgen, soweit es nicht durch eine wagerecht unter ihm liegende Fläche daran gehindert wird, so ist es klar, daß es, so lange es überhaupt in tropfbarflüssigem Zustande verharrt, bestrebt sein wird, von allen geneigten Flächen abzulaufen oder, wie man dies in der Sprache der Wissenschaft ausdrückt, den tiefsten Punkt zu suchen. Das Schmelzwasser der Schneeregion wird somit in Spalten und Mulden nach der Tiefe zu gelangen suchen, und die Ansammlung desselben wird sich daher hauptsächlich an den Vertiefungen der Abhänge vollziehen. Man nennt die Einsenkungen des Bodens, in denen sich die Umwandlung des Schnees in Firneis vollzieht,

*) Die Benennung „**Firn**“ ist abgeleitet von „fern“, das in der Sprache der Alpenbewohner s. v. w. vorjährig bedeutet; daher stammt auch die Benennung „Firnwein“, womit alter, abgelagerter Wein bezeichnet wird.

Firnmulden, wogegen die mit Firn bedeckten Bergabhänge als Firnfelder bezeichnet werden. Aus beiden Quellen treten die Gletscher hervor, indem sie auf dem geneigten Grunde infolge ihrer eigenen Schwere allmählich in die Tiefe gleiten. Da diese Gletscherbewegung eine verhältnismäßig sehr langsame ist, so können sich die Eismassen zu beträchtlicher Mächtigkeit entwickeln. Erst in den tieferen Regionen beginnen die Gletscher an ihrer Stirnseite aufzutauen, und die Gesteintrümmer, die sie aus den Höhen mit sich führen, bilden dann hier allmählich einen Wall, der Moräne genannt wird. Wir kommen auf diese Verhältnisse später noch zurück.

Aus dem Vorhergesagten sehen wir, daß die Niederschläge als ein Bestandteil und als Produkt der atmosphärischen Luft anzusehen sind. Diese ist es, die die Wasserdämpfe in sich aufnimmt und, indem sie als erwärmte Luft in die Höhe steigt, auch das Wassergas



Wolkenlandschaft mit dem Kegel des Selangan (Sumatra).

(Vom Merapi gesehen.)

Originalaufnahme von Alfred Maaß.

mit sich führt. Als erstes Stadium der Verdichtung tritt hier die Wolkenbildung ein, die uns die vorstehende Abbildung in trefflicher Weise veranschaulicht. Diese vollzieht sich in den verschiedensten Höhen, am höchsten natürlich im Sommer und zu der heißesten Tageszeit. Für die mittlere gemäßigte Zone der nördlichen Halbkugel hat man 5—10 km Höhe für die sogenannten Cirrus-Wolken (Eiswolken), 3—9 km für die Cirrostratus- (Federwolken), 3—8 km für die Cirrocumulus- (federigen Haufenwolken), 1—3 km für die Cumulostratus- (getürmten Haufenwolken) und Cumulus- (bergförmigen Wolken), endlich $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ km für die Stratus- (Schichtwolken) und Nimbus- (Regen- oder Nebel-) Wolken gefunden. Sehr fein gefederte, in Silberglanz leuchtende Wolkengebilde, die zeitweise namentlich an sonst wolkenlosem Himmel nach Sonnenuntergang beobachtet werden und deren Natur noch nicht erkannt ist, schweben in noch weit bedeutenderen Höhen (man

will 80 km für ihre Höhe gefunden haben). Im Jahre 1884 hat man diese sogenannten leuchtenden Wolken zum erstenmale beobachtet und damals mit dem Ausbruche des Krakatau (vergl. S. 265) in Verbindung gebracht. Seit jener Zeit war die Erscheinung fortwährend in Abnahme begriffen und beschränkte sich schließlich auf wenige Tage, die in die Zeit der Sommersonnenwende fallen und während deren das Phänomen auf der nördlichen und südlichen Erdhälfte sichtbar geworden ist.

In welcher Weise die Niederschläge der atmosphärischen Luft zur Geltung kommen, ist im Vorstehenden bereits gesagt worden; es ist hier noch hinzuzufügen, daß bei Abkühlung der Luft in der Nähe der Erdoberfläche, namentlich infolge der nächtlichen Wärmeausstrahlung des Erdbodens, auch noch andere Niederschlagsformen (Tau, Reif und Nebel) vorkommen. Die Einwirkung der Luft und ihrer Niederschläge werden wir später noch näher kennen lernen; was die letzteren anbelangt, so muß ihre Einwirkung auf die Erdoberfläche wohl von derjenigen unterschieden werden, die das Wasser ausübt, obgleich die Niederschläge nichts anderes sind als dieses. Der Unterschied liegt darin, daß die Wirkung der Niederschläge eine langsamere und aus vielen kleinen Wirkungen zusammengesetzte ist. Mit Rücksicht auf diese Verschiedenartigkeit der Wirkung unterscheidet man zwischen Meteor-*) und tellurischem Wasser und bezeichnet mit ersterem Namen dasjenige, aus welchem die Niederschläge sich bilden, mit letzterem das Quell-, Fluß-, See- und Meerwasser.

Noch müssen wir zweier Naturkräfte gedenken, deren Walten in der Atmosphäre unserer Erde durch die verschiedensten Erscheinungen zum Ausdruck kommt. Es sind dies die Elektricität und der Magnetismus. Beide Kräfte sind in ihrem Wesen noch sehr geheimnisvoll und wir wissen nur aus Erfahrung, daß sie sowohl unter einander, als auch mit einer dritten, zwar genauer erkannten aber ihrem Grundwesen nach doch nicht minder geheimnisvollen Naturkraft, der Wärme, in enger Beziehung stehen. Geradezu untrennbar erscheinen aber diese drei Kräfte, wenn man sie nach ihren Wirkungen betrachtet. Ein elektrischer Strom, in vielfachen Windungen um einen weichen Eisenkern geleitet, erzeugt in diesem Magnetismus; wird ein starker Strom durch einen sehr dünnen Draht geleitet, so schmilzt dieser ab, wir haben also hier eine ausgesprochene Wärmewirkung durch Elektricität. Die Reihe von Beispielen dieser Art ließe sich ins Endlose verlängern; da wir es aber hier nur mit denjenigen Kraftäußerungen der Elektricität und des Magnetismus zu thun haben, die sich in der Atmosphäre unserer Erde und deren Beziehungen zum festen Erdkörper kundgeben, so soll bloß noch auf die Thatsache verwiesen werden, daß mit Erhöhungen der Temperatur Gewitter verbunden sind, bei denen die Elektricität die Hauptrolle spielt, und daß während solchen auch die magnetischen Verhältnisse in ganz hervorragender Weise beeinflußt erscheinen.

Wir wollen damit beginnen, diese letzteren kurz zu erörtern. Wir können bei der Beobachtung jedes Uhranhängsel-Kompasses sehen, daß eine freischwebende Magnetnadel ihre Spitzen stets nach einer bestimmten Richtung wendet, und, sobald sie auf irgend welche Weise (durch Fingerdruck oder Annäherung eines Eisenstückes oder eines anderen Magneten) aus dieser Richtung gebracht wird, sofort wieder dieselbe annimmt, wenn die Störung aufhört. Die Nadelspitzen weisen im Allgemeinen in der Richtung von Süden nach Norden, doch unterliegt dies mannigfaltigen, wenn auch verhältnismäßig nicht gerade beträchtlichen Abweichungen; diese Abweichungen hängen aber nicht von der Beschaffenheit der Nadel selbst, sondern von dem Punkte auf der Erde ab, wo die Beobachtung der Magnetnadel stattfindet. Es ist sonach klar, daß die Magnetnadel nicht von einer in ihr selbst liegenden und wirkenden Kraft, sondern von einer solchen beeinflußt wird, die außerhalb der Nadel vorhanden ist. Die Erde, mit Inbegriff der sie umgebenden Lufthülle, muß

*) Tellurisch (vom lat. tellus, die Erde) nennt man alles, was auf die Erde Bezug hat, wogegen am Himmel befindliche Körper und Erscheinungen mit dem vom griechischen „meteora“ hergeleiteten Ausdrucke meteorisch bezeichnet werden, daher Meteoriten, Meteorwasser (als das vom Himmel bezw. aus der Luft kommende), Meteorologie (die Lehre von den Vorgängen in der Atmosphäre) u. s. w.

somit als ein einziger gewaltiger Magnet betrachtet werden. Der Mathematiker Gauß hat sich damit beschäftigt, die magnetische Kraft der Erde ziffernmäßig festzustellen und ist zu dem Ergebnis gekommen, daß dieselbe gleich ist der Wirkung von 8464 Trillionen einpfündiger Magnetstäbe, die im Innern der (in diesem Falle unmagnetisch gedachten) Erde parallel gerichtet so angebracht sind, das jeder cbm der Erdmasse 8 solcher Stäbe enthält. Diese Ziffern waren aber für die um jene Zeit herrschenden Verhältnisse des Erdmagnetismus berechnet, und sie würden sich natürlich mit den Veränderungen dieser Verhältnisse, die thatsächlich fortwährend eintreten, ebenfalls ändern. Daß die Luft die magnetischen Verhältnisse der Erde nicht beeinflußt, ergiebt sich aus der Thatsache, daß die Funktionen der Magnetnadel in ihren höchsten dem Beobachter zugänglichen Schichten — also auf hohen Berggipfeln oder im Luftballon — im Wesentlichen dieselben bleiben.

In früherer Zeit hat man sich als Sitz der magnetischen Kraft der Erde einen Berg oder Felsen gedacht, der den Schiffen, die sich ihm näherten, dadurch den Untergang brachte, daß er alles Eisenwerk des Fahrzeuges, also auch die die Schiffswände zusammenhaltenden Nägel, an sich zog, so daß dasselbe ganz auseinanderfiel. Der Frankfurter Arzt Johann Wonnecke (oder Dronnecke) von Caub, mit seinem Gelehrtennamen Cuba genannt, der um die Mitte des 15. Jahrhunderts lebte und mit dem Mainzer Domdechant B. von Breydenbach (vgl. S. 62) dessen Reise nach dem Morgenlande mitgemacht hatte, giebt in seinem 1517 erschienenen „Hortus sanitatis“ (Gesundheitsschatz) die nebenstehende Abbildung dieses Magnetberges. Der Schwede Olaus Magnus von Bergen verlegte (im 16. Jahrhundert) den Sitz der magnetischen Kraft an den Nordpol und wärmte die alte Fabel von der vernichtenden Wirkung des Magnetberges wieder auf, indem er behauptete, daß man zur Fahrt in den höchsten Breiten nur Schiffe mit hölzernen Nägeln verwenden könne, weil eiserne aus den Schiffsplanken herausgezogen würden. Den Gedanken, daß die ganze Erde als solche als ein großer Magnet aufzufassen sei, hat zuerst der Engländer William Gilbert (1540—1603) ausgesprochen und durch das Experiment veranschaulicht. Er ließ große Stahlkugeln anfertigen, die er magnetisierte*) und um die er eine kleine, an einem Faden aufgehängte Magnetnadel herumführte, um auf solche Weise zu zeigen, wie sich die erdmagnetische Kraft von Punkt zu Punkt ändern müsse. Zu seiner Zeit war auch die Eigenschaft der Magnetnadel entdeckt worden, sich in einem größeren oder kleineren Neigungswinkel der Erde zu nähern, wenn sie um eine wagerechte Achse beweglich angebracht wird. Man nennt dies Inklination, und Gilbert war der erste, der erkannte, daß die Inklination der Magnetnadel am Aequator am schwächsten sei und gegen die beiden Pole hin stetig zunehmen müsse. Cartesius (eigentlich Descartes, 1596—1650) hielt den Magnetismus für eine besondere Materie, die aus dem Nordpol in den Südpol überströmt und von dort wieder in Kurven zum Nordpol zurückkehrt. Im Eisen dachte Descartes sich die magnetische Materie durch schraubengangartig gewundene Kanäle fortbewegt, die entweder

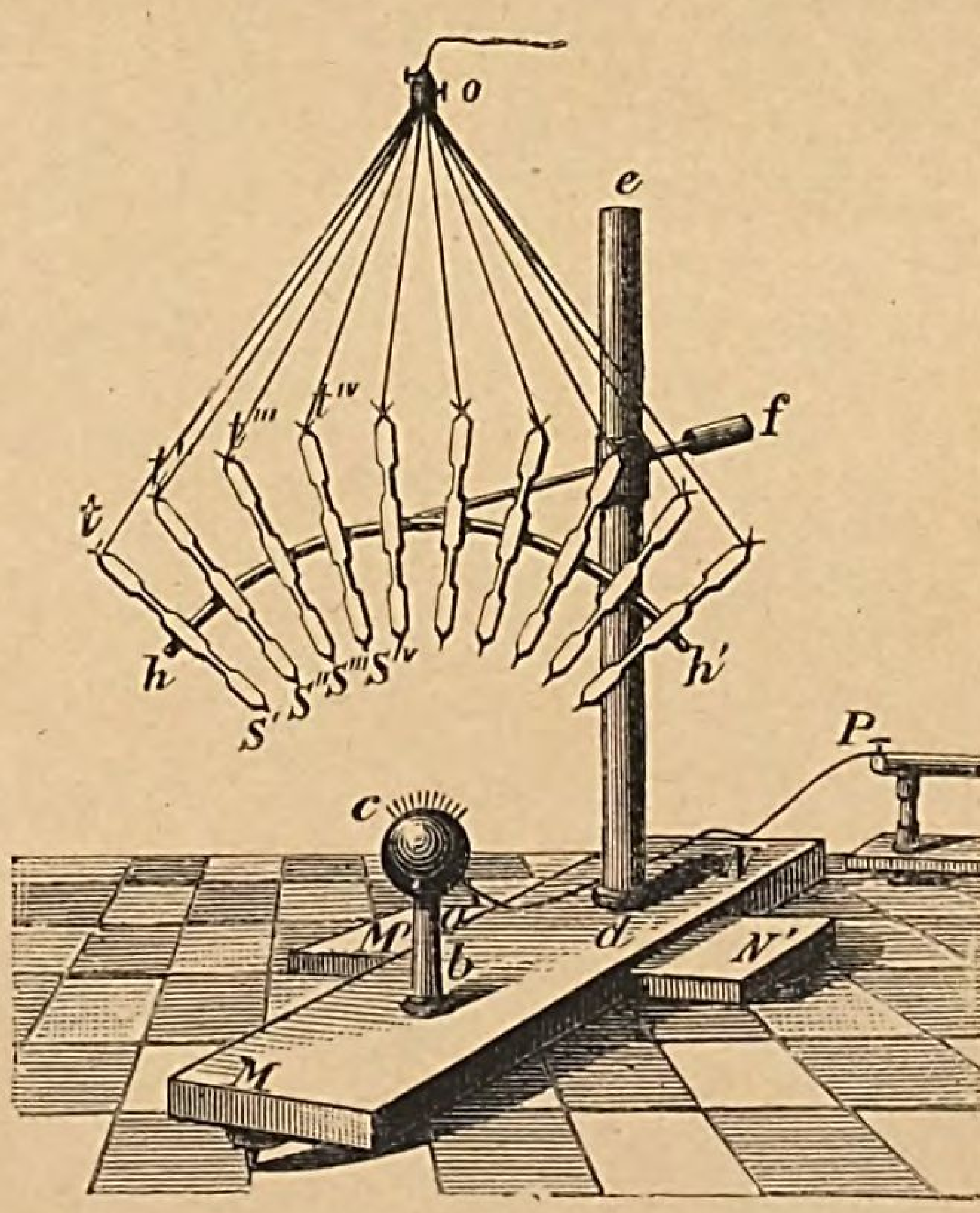


Magnetberg.
Nach Cuba's Hortus sanitatis (1517), zuerst von Schöffer in Mainz 1485 gedruckt.

*) Magnetisieren s. v. w. magnetische Kraft mitteilen. Das Magnetisieren eines Eisenstabes geschieht durch Streichen desselben mit einem anderen Magnet; aber auch schon durch das Hämmern eines solchen in der Richtung der Magnetnadel, ja selbst durch längeres Aufstellen in senkrechter Lage wird derselbe magnetisch gemacht; so hat man z. B. die auf Turmspitzen seit langer Zeit angebrachten Eisenstangen (Kreuz- oder Windfahnenträger) magnetisch gefunden. Die stärksten Magnete sind die sogenannten Elektromagnete, das heißt solche, denen der Magnetismus mittels des in vielfachen Windungen um dieselben herumgeführten elektrischen Stromes hervorgerufen wird. Weiches Eisen verliert den ihm mitgeteilten Magnetismus sofort wieder, wenn die Quelle desselben entfernt wird. Stahl behält dagegen den ihm mitgeteilten Magnetismus beständig bei; auch Nickel, Kobalt, Mangan und einige andere Metalle werden von einem Magneten angezogen, also magnetisiert. Auf andere, wie Zink, Zinn, Wismut, Antimon u. a. übt der Magnet eine abstoßende Wirkung aus.

bereits vorhanden sind oder durch die magnetische Materie selbst mittels Auseinanderdrängens der Eisenfasern gebildet werden. Im 18. Jahrhundert machte sich besonders Halley um die Erweiterung der Erkenntnis des Erdmagnetismus verdient, indem er ausgedehnte Untersuchungen über eine andere Eigenschaft der Magnetnadel anstellte. Es ist dies die Deklination, d. h. die Abweichung der Magnetnadel von der Richtung gegen Norden, die je nach dem geographischen Orte teils in östlicher, teils in westlicher Richtung stattfindet und auch für einen und denselben Ort langsam und stetig innerhalb längerer Zeitabschnitte veränderlich ist. So hatte beispielsweise Paris im Jahre 1580 eine Deklination der Magnetnadel gegen Osten von 9 Grad 30 Min.; im Jahre 1660 war dort die Deklination gleich Null; 1700 betrug sie 8 Grad und 1810 22 Grad 18 Min. gegen Westen, womit sie den größten Wert erreicht hatte. Seither nimmt sie jährlich um etwa $7^1/_2$ Min. ab, und zur Zeit beträgt sie etwas über 15 Grad gegen Westen. Auch Sonne und Mond üben einen Einfluß auf diese Bewegungen der Magnetnadel aus, und dieselben sind täglichen Aenderungen unterworfen, die mit den wechselnden Erwärmungsverhältnissen der Erdoberfläche in bestimmtem Zusammenhange stehen. Auch mit den Sonnenflecken-Perioden stehen die Veränderungen der magnetischen Verhältnisse in offenbaren Beziehungen. Sehr häufig kommen aber auch ganz unregelmäßige Störungen vor, die zuweilen sehr heftig sind, sogenannte magnetische Gewitter, und mit diesen ist wieder eine der großartigsten Naturerscheinungen, das Nordlicht, in Verbindung.

Das Nordlicht, umfassender Polarlicht genannt, weil es auch auf der südlichen Erdhalbkugel eine ähnliche Erscheinung giebt, die dort Süd- oder Australlicht genannt wird, tritt in seiner letzten Entwickelung als ein matter Lichtschein auf, der manchmal auch noch in den nördlicheren Teilen der gemäßigten Zone sichtbar wird; bei stärkerer Entwickelung aber zeigen sich bogen- oder bänderförmige Lichterscheinungen, Strahlenkränze und draperieähnliche Gebilde von verschiedenster Farbe und Leuchtkraft. Der Himmel rötet sich in weitem Umfange, und zuweilen wird die Lichterscheinung so stark, daß sie der Leuchtkraft des Vollmondes nahekommt. Eine der prächtigsten und vollkommensten Polarlichterscheinungen, die jemals beobachtet worden sind, war diejenige, die im Jahre 1868 von der schwedischen Polarexpedition unter Nordenskiöld in der Nähe der norwegischen Küste am 28. Oktober wahrgenommen wurde, und über die der Physiker Lemström folgendes berichtet: „Am 28. Oktober näherte sich das Schiff der Küste von Norwegen. Wir bemerkten am westlichen Horizont zwei Wolkenschichten, die ein Streifen blauen Himmels deutlich trennte, der von einem gestreiften, fahlgelben Bande durchkreuzt wurde. Das war der unbedeutende Anfang eines Nordlichtes, dessen Pracht bald darauf alle Erscheinungen dieser Art übertraf, die wir bis dahin auf unserer Reise beobachtet hatten. Die Ränder der oberen Wolken erhellten sich nach und nach, und bald darauf sahen wir von hier aus von einander abgesonderte Flammen ausgehen, die zuweilen bis an den Zenith züngelten. Plötzlich ergriff die Erscheinung den ganzen Horizont; überall Flammen, überall blendend helle Lichtstrahlen, unten gelb, grün in der Mitte und rot-violett an den oberen Enden. In einem Augenblicke vereinigten sich alle Strahlen zu einer regelmäßigen und blendenden Krone, die südlich vom Zenith am Himmel erschien. Als die Erscheinung den Höhepunkt



Lemströms Nordlichtapparat.

ihres Glanzes erreicht hatte, erschien sie uns gleich der Kuppel eines ungeheuren Tempels, in deren Mitte ein brillantes Lustre strahlt. Die Erscheinung dauerte nur einige Minuten, ließ aber nach ihrem Erlöschen noch eine leuchtende Zone zwischen den Wolkenschichten zurück. Von der oberen Schicht gingen in kurzen Zwischenräumen fortwährend einzelne Strahlen aus, die bis an den Zenith stiegen und daselbst Teile einer Krone bildeten. Die Ränder der Wolkenschichten blieben selbst dann noch leuchtend, als die Strahlen bereits verschwunden waren."

Zur Nachahmung der Nordlichterscheinung im Kleinen hat Lemström den auf S. 309 abgebildeten Apparat ersonnen. Derselbe besteht in der Hauptsache aus einer mit feinen Spitzen besetzten, hohlen Messingkugel c, die mittels eines Guttaperchastabes a b auf einem Brett M N befestigt ist. Ein zweiter Guttaperchastab d e trägt einen Bogen h h', der mittels eines Armes f an seinem Ständer nach auf- und abwärts verschiebbar ist. Ein Querbrett M' N' giebt dem Fußgestell des Ganzen besseren Halt. An dem Bogen h' ist eine Anzahl Geißlerscher Röhren*) s' t', s'' t'' u. s. w. angebracht, deren untere Enden gegen den Mittelpunkt der Messingkugel c gerichtet sind, während von den oberen Enden Drähte auslaufen, die durch die Metallklemme o vereinigt werden und hier mit einer Erdleitung**) verbunden sind. Die Kugel c ist mit dem Konduktor (Ableiter) einer Elektrisiermaschine verbunden, deren zweiter Konduktor ebenfalls eine Erdleitung hat. Sobald nun die Elektrisiermaschine in Thätigkeit tritt, entsteht in den Geißlerschen Röhren eine Lichterscheinung, die mit dem Polarlicht große Aehnlichkeit besitzt. Die an der Messingkugel c angebrachten Saugspitzen, die den Uebertritt des elektrischen Stromes aus den Geißlerschen Röhren beziehungsweise den in ihre unteren Enden eingeschmolzenen Drahtspitzen durch die zwischenliegende Luftschicht vermitteln sollen, können unter günstigen Verhältnissen bis auf 2 m von den eben erwähnten Drahtspitzen entfernt sein, und damit ist der Beweis hergestellt, daß durch die gewöhnliche Luft thatsächlich elektrische Strömungen erfolgen können, ohne daß hierbei Lichterscheinungen auftreten; solche treten aber sofort ein, wenn die elektrischen Strömungen die verdünnte Luft als besseren Leiter durchlaufen.

Um aber den mittels des Lemströmschen Apparates im Kleinen erbrachten Beweis des Stattfindens elektrischer Strömungen in gewöhnlicher Luft auch im Großen zu liefern, hat Lemström anläßlich der russischen Polarexpedition nach der Lenamündung und Sodankylä***) in Sibirien folgendes Experiment unternommen. Der Gipfel des etwa 300 m hohen bei Sodankylä gelegenen Orantunturie wurde mit einem großen aus hohen Metallspitzen bestehenden Leitungsapparat überzogen und dieser mit der Erde durch einen Draht verbunden, der zu einer in Wasser getauchten Zinkplatte führte. In die Leitung wurde ein Elektricitätsmesser eingeschaltet, der die Stärke des Stromes anzugeben hatte. Das Stattfinden einer elektrischen Strömung in der Luft wurde durch den Versuch nachgewiesen; um aber dem Einwand zu begegnen, daß dieselbe ihren Ursprung ganz oder teilweise in der elektromotorischen Kraft gefunden haben könnte, die an der Zinkplatte auftrat, wurden noch weitere Versuche angestellt. 6 km von Sodankylä entfernt liegt der 130 m hohe Komattivara. Auf den Gipfel desselben stellte man einen Entladungsapparat auf, der eine 364 qm

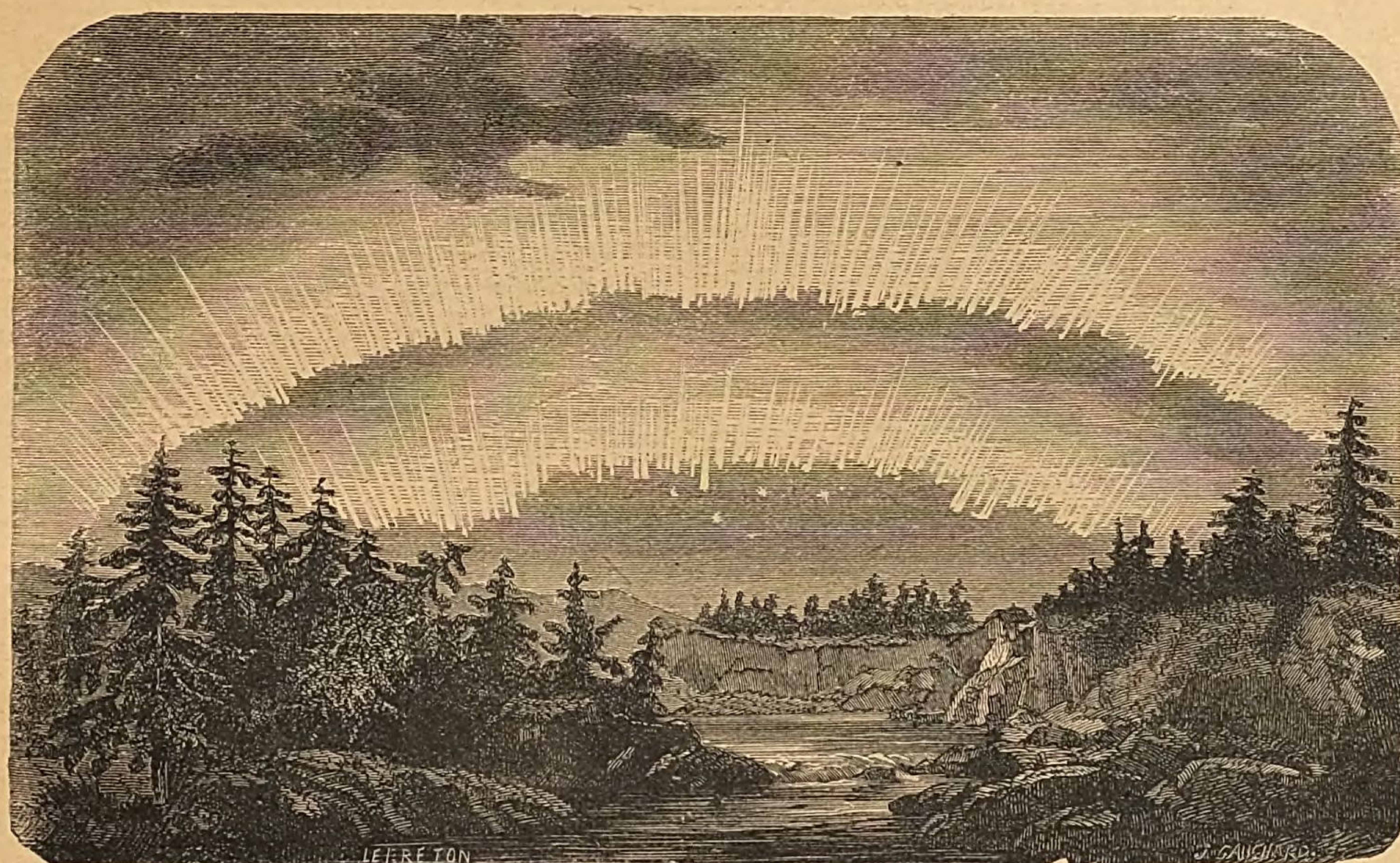
*) Diese von Geißler in Bonn 1857 erfundenen Apparate bestehen aus Glaskörpern, die mit verschiedenen Luftarten gefüllt und dann mit Hilfe der Quecksilberluftpumpe entleert werden, so daß nur außerordentlich geringe Mengen des früheren Inhaltes darin zurückbleiben. In ihre Enden werden Drahtspitzen eingeschmolzen, vermittelst deren sie in eine elektrische Leitung eingeschaltet werden können. Beim Durchschlagen des elektrischen Funkens erglühen die eingeschlossenen Luftarten in verschiedenfarbigem Licht.

**) Wenn man die beiden Endpunkte einer elektrischen Leitung mit der Erde verbindet, so wird die Leitung dadurch geschlossen. Man braucht also beispielsweise für eine Telegraphenleitung von großer Ausdehnung keinen besonderen Draht zur Rückleitung des elektrischen Stromes nach seinem Ausgangspunkte, sondern derselbe findet mittels der Erdleitungen an beiden Endpunkten seinen Rückweg durch die Erde selbst.

***) Auf Beschluß des internationalen Meteorologen-Kongresses in Rom 1879 wurden 1882—1883 Expeditionen zur Errichtung von Circumpolarstationen entsandt, die magnetische und meteorologische Beobachtungen anzustellen hatten. Eine dieser Expeditionen war die oben genannte.

umfassende Fläche bedeckte und vollständig auf wirksamen Isolatoren*) ruhte. Vom Apparate wurde ein Draht durch einen Elektricitätsmesser nach einer in die Erde versenkten Zinkplatte geleitet. Aehnliche Entladungsapparate wurden auch noch auf verschiedenen anderen Höhenpunkten aufgestellt. Mittels dieser Apparate wurden wiederholt Lichterscheinungen hervorgerufen, namentlich wenn zu gleicher Zeit Polarlichterscheinungen stattfanden. Ein auf diese Art durch einen solchen Entladungsapparat hervorgerufener Strahl erreichte eine Höhe von etwa 134 m.

Die Höhen, in denen das Polarlicht sich entwickelt, sind sehr bedeutend, obgleich dort, wo das Polarlicht am häufigsten vorkommt, seine Erscheinung bis nahe an die Erdoberfläche herabreicht. In solchen Fällen ist die Erscheinung auch im horizontalen Sinne nicht sehr ausgebreitet, so daß dieselbe nur von näher an einander gelegenen Punkten aus beobachtet werden kann. In anderen Fällen aber erstreckt sich das



Nordlicht.

Licht über ganz gewaltige Gebiete und konnte bis nahe an den Aequator und in einer Ausdehnung von über 300 Längengraden wahrgenommen werden. Oft dauert die Lichterscheinung nur Minuten, oft aber auch stunden- oder tagelang; auch wiederholt sie sich manchmal öfter hintereinander. Die gleichen Einflüsse, die für die Veränderungen der magnetischen Verhältnisse maßgebend sind, bestehen auch für das Nordlicht, und dasselbe kann ebensogut als eine elektrische, wie als eine magnetische Erscheinung gelten. Von den Haupterscheinungsformen des Polarlichtes, die als Lichtnebel, regelmäßige Bogen, Strahlenbogen, Draperien und Kronen unterschieden werden können, zeigen unsere Abbildungen die drei letztgenannten. A. Moitessier schildert in seinem Werke „L'Air" („Die Luft") das strahlende Bogenlicht in folgender Weise: Das Phänomen beginnt am Horizont mit der

*) Isolieren, vom italienischen isola s. v. w. Insel abgeleitet bedeutet s. v. w. absondern oder trennen. Ein Körper, der von der Verbindung mit dem Erdboden oder anderen Leitern der Elektricität dadurch abgesondert wird, daß man ihn auf nicht leitende od r richtiger schlecht leitende Stützen stellt oder mit solchen Stoffen umhüllt, ist „isoliert". Die Vorrichtung zum Isolieren heißt Isolator.

Erscheinung eines dunkelviolett gefärbten Kreisabschnittes, hinter welchem man noch die Sterne wie durch einen Nebel erblickt. Sehr bald umgiebt sich diese dunkle Stelle mit einem Lichtbogen, der gewöhnlich von gelblichweißer Farbe und durchsichtig ist. Dieser Bogen wird oft von einem zweiten umrahmt, manchmal sieht man ihrer sogar drei und noch mehrere. Diese Lichtbogen sind fast immer in stürmischer Unruhe und senden bald gegen den Zenith glänzende Strahlen aus, deren Lichtstärke und Farbe ebenso veränderlich ist, wie diejenige der Bogen selbst und die sich, Raketen vergleichbar, mit außerordentlicher Lebhaftigkeit bewegen. Sie brechen sich ohne Unterlaß und bilden sich wieder aufs neue, sie verlängern und verkürzen sich und verbreiten sich schließlich über das ganze Himmelsgewölbe, indem sie eine feurige Kuppel bilden, die von heftigster Bewegung durchzuckt wird. An irgend einem Punkte des Himmels vereinigen sie sich zu einer vollständigen oder unvollständigen Krone. Diese hat, wie J. Rambosson in seiner „Geschichte der Himmelserscheinungen“ schreibt, meist eine elliptische, seltener eine Kreisform und in ihr findet das Phänomen seinen Abschluß. Nach einigen Stunden, oft auch schon nach wenigen Augenblicken, schwächt sich das Licht allmählich ab, die Raketen oder Lichtblitze werden weniger lebhaft und seltener, die Krone löst sich auf, und bald sieht man nichts mehr als einen unbestimmten Schimmer, der seinen Platz verändert und unmerklich verschwindet.



Nordlichtkrone.

Ueber diesen Gipfelpunkt aller Polarlichterscheinungen schreibt v. Bobrik in seinem Berichte über die österreichische Polarstation (1882 — 1883) auf Jan Mayen folgendes: „Obwohl sich die Bildung einer Krone meist schon vorher bestimmen läßt und das unruhige Zucken und Schnellen der Strahlen gegen den Zenith darauf hindeutet, so tritt dieselbe doch so plötzlich, so vehement, mit scheinbar übernatürlicher Kraft auf, daß man die einzelnen Phasen kaum in die Sinne aufzunehmen vermag. Alles hebt, jagt und stürzt zum Zenith, in wildem Kampfe drängen die Lichtmassen dahin und plötzlich, als explodiere eine Feuerwerkskugel, schießen unzählige Strahlen nach allen Seiten auseinander. Es entstehen rund um den Zenith bis tief zum Horizont herab Bänder an Bänder, aneinander gereiht, die in üppigem Glanze und herrlicher Farbenpracht strahlen, während das Centrum einzelne breite Blitze nach bestimmten Richtungen zum Horizont herab entsendet. Als wollte die Allgewalt uns einen Blick ins Universum gönnen, thut sich sodann die Erscheinung in der Mitte auf und rätselhaft dunkel blickt aus unendlicher Ferne ein großes Auge auf uns herab, sich alsbald mit wallenden Lichtschleiern wieder bedeckend. Die Strahlen und Bänder treten nun, sich kaleidoskopartig drehend, zu Flammen zusammen, die gierig leckend nach allen Seiten züngeln und langsam verrauchend erlöschen. Aus den Trümmern all der Herrlichkeit geht

schließlich entweder, dem Phönix gleich, die Urgestalt, die Polarlichtform, welche, den Zenith passierend, die Krone gebildet, hervor, oder es zieht alles, in kleine Lichtwölkchen verteilt, horizontwärts. Doch schneller, als sich dies wiedergeben läßt, erfolgt meist die Entwickelung, und nicht weniger als sechs der prächtigsten Kronen wurden innerhalb fünf Minuten von uns beobachtet. Am häufigsten fand die Kronenentwickelung wohl aus Bändern statt, doch waren Bögen, Strahlen, Fäden oder Dunstmassen auch nicht selten die einleitenden Erscheinungen, ebenso wie sich Kronen bildeten, die ohne einen vorhergehenden sichtbar gestalteten Keim plötzlich am Zenith standen."

Die gewöhnliche Entwickelung einer „halben Krone" vollzieht sich nach Bobriks Zeichnungen in der Weise, daß zuerst ein Strahlenwurf beim Anlangen der Polarlichtmassen in der Nähe des Zeniths nach der Richtung des Aufsteiges erfolgt, worauf sich der Strahlenwurf dreht und der Eindruck hervorgebracht wird, als ziehe die Krone sich zusammen; es erfolgt



Nordlichtstrahlenband.

ein Zusammenballen der Strahlen zu leuchtenden Dunstwolken, die in der Mitte durch einen dunklen Zwischenraum getrennt werden; schließlich dreht sich die Krone im Halbkreisbogen so, daß sie den Strahlenwurf nun nach der Richtung entsendet, in welcher die Polarlichtmassen ihren Zug über das Firmament gemeiniglich fortsetzen.

Von den Veränderungen in den Verhältnissen des Erdmagnetismus ist diejenige selbstverständlich für uns die wichtigste, die wir weiter oben als Deklination bezeichnet haben, denn sie hat für die Schiffahrt eine hohe Bedeutung. Während die Chinesen, die wir als Erfinder des Kompasses anzusehen haben, dieselbe schon lange kannten, sind unsere europäischen Seefahrer bis auf Christoph Columbus über diese Erscheinung hinweggegangen, vielleicht aus dem Grunde, weil der von ihnen benutzte Kompaß noch keine Kreisteilung besaß, vielleicht auch deshalb, weil während des 13. und 14. Jahrhunderts die Deklination der Magnetnadel im südlichen Europa, dem die damaligen Seefahrer hauptsächlich angehörten, nur eine geringe gewesen ist. Auch nach der großen Entdeckungsfahrt des Columbus

dauerte es noch längere Zeit, bis die Thatsache der Deklination allgemein bekannt und anerkannt wurde. Auch die Männer der Wissenschaft begannen sich erst in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts eingehender mit dieser Frage zu beschäftigen und in das Wesen des Erdmagnetismus tiefer einzudringen. Von der bahnbrechenden Wirksamkeit Gilberts in Bezug auf diese letztere ist bereits die Rede gewesen, ebenso von derjenigen Halleys.

Lemström hat auf Spitzbergen im Jahre 1868 auch Nordlichterscheinungen wahrgenommen, die sich um die Gipfel der Berge herum gleich einem Nimbus von weißlichem, zerstreutem Lichte gruppierten. Mitunter nimmt diese Erhellung auch die Form von Flammengarben an, die sich in kurzen Zwischenpausen vom Gipfel des Berges heben und nach und nach in der Luft verschwinden. In Frankreich hat man am häufigsten Nordlichter in Form von leuchtenden Dünsten, Wolken oder auch nur wiederscheinähnlicher Gestalt beobachtet. In der Regel sind diese Nordlichterscheinungen von unbestimmter Begrenzung und gelblich- oder grünlichweißem, selten rötlichem Lichte. Sie zeigen, wie Urbanitzky in seinem Buche „Die Elektricität des Himmels und der Erde“ schreibt, die Formen leuchtenden, wallenden Rauches, häufig haben sie aber noch viel unbestimmtere Formen und lassen sich kaum von jenen hellen weißen Wolken unterscheiden, die wir Federwolken nennen. Die band- und draperieförmigen Nordlichter zeigen die mannigfachsten Formen, auch kommen mehrfache Bogen neben- und übereinander, solche, die sich kreuzen, springbrunnenartig aufschießende Strahlensäulen und mannigfache andere Formen vor. Die Draperien sind, wie Urbanitzky hervorhebt, an ihren unteren Enden gut abgegrenzt, während ihr Licht nach oben zu nach und nach abnimmt und endlich ganz verschwindet. Ein wesentliches Moment des Polarlichtes bilden die wellenförmigen Bewegungen desselben. Der Bogen scheint sich in seiner Längsrichtung mit einer oft sehr bedeutenden Winkelgeschwindigkeit zu bewegen, doch wird diese Bewegung auch in dem Sinne erklärt, daß nur das Aufleuchten der einzelnen Strahlen nach einer Richtung hin sich fortpflanzt. Manchmal wechselt auch die Richtung der wellenförmigen Bewegung im Verlaufe der Erscheinung.

Halley glaubte die Veränderungen der Bewegung der Magnetnadel auf den bestimmenden Einfluß von zwei magnetischen Polpaaren zurückführen zu sollen, doch wurde diese Theorie bald wieder verworfen, und nur seine Deklinationskarte der Erde, für die er nach seinen großen überseeischen Reisen von 1677—1700 ein reiches Material gesammelt hatte, ist von dauerndem Werte für die Wissenschaft geblieben. Diese Karte machte durch Verbindungslinien zwischen den verschiedenen Punkten der Erde, die gleiche Deklination haben (sogenannte Isogenen), die betreffenden Verhältnisse anschaulich. Auch zwischen den Orten, die gleiche Inklination der Magnetnadel zeigen, hat man Verbindungslinien gezogen, welche Isoklinen genannt werden. Die Isogenen laufen an den magnetischen Polen*) zusammen, die Isoklinen durchschneiden dieselben in ähnlicher Weise, wie die Meridiane oder Längenkreise von den Parallel- oder Breitenkreisen durchschnitten werden.

Um die weitere Erkenntnis der erdmagnetischen Verhältnisse haben sich Leonhard Euler (1707—1783), Coulomb (1736—1806) u. A. verdient gemacht. Die wichtigsten Erfolge auf diesem Gebiete sind Hans Christian Oersted (1777—1851), André Marie Ampère (1775—1836), Michael Faraday (1791—1867), J. C. F. Gauß (1777—1855) und Alexander von Humboldt (1769—1859) zuzuschreiben. Der Erstgenannte erkannte zuerst die innige Verwandtschaft zwischen Magnetismus und Elektricität (1820) und entdeckte den Elektromagnetismus, worüber er selbst folgendes schreibt: „Die Vorbereitungen zu den Versuchen waren an einem Tage gemacht, wo ich des Abends eine von den Vorlesungen zu halten hatte (Oersted war zu jener Zeit Professor der Physik an der Universität zu Kopenhagen). Ich zeigte darin Cantomes Versuch über den Einfluß chemischer Wirkungen

*) Den magnetischen Nordpol fand James Roß 1831 auf der Halbinsel Boothia Felix im arktischen Amerika 70° 5′ 18″ nördl. Br. und 96° 45′ 16″ westl. L.; der magnetische Südpol ist für dieselbe Zeit annähernd auf 75° 5′ südl. Br. und 154° 8′ östl. L. von Greenwich berechnet worden; jetzt nimmt man ersteren etwa 25′ nördlicher und 1° östlicher, letzteren um ca. 1½° nördlicher und 8° westlicher an.

auf den magnetischen Zustand des Eisens, ich machte auf die Veränderungen der Magnetnadel während eines Gewitters aufmerksam, und ich trug zugleich die Vermutung vor, daß eine elektrische Entladung auf eine Magnetnadel außerhalb der Kette wirken könne. Ich entschloß mich nun, den Versuch zu machen. Da ich von der mit Glühen verbundenen Entladung das meiste erwartete, wurde ein sehr feiner Platindraht in die Kette da eingeschaltet, wo die Nadel untergestellt wurde. Die Wirkung war zwar unverkennbar, aber doch so verworren, daß ich die weitere Untersuchung auf eine Zeit verschob, wo ich mehr Muße zu haben hoffte. Im Anfange des Monats Juli wurden diese Versuche wieder aufgenommen und unausgesetzt verfolgt, bis ich zu den bekannt gemachten Resultaten kam." Diese Resultate bestanden zunächst darin, daß Oersted den Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus dadurch erkannte, daß der Schließungsdraht einer galvanischen Kette (Vereinigung galvanischer Elemente, die aus je zwei von einer leitenden Flüssigkeit umgebenen Metallstücken, z. B. Kupfer und Zink bestehen) die Bewegung einer in seiner Nähe aufgestellten, aber nicht mit ihm verbundenen Magnetnadel bewirkt. Schon im 18. Jahrhundert hatte man beobachtet, daß infolge des Niederschlagens eines Blitzes in der Nähe eines Schiffes die Pole der Magnetnadel des Schiffskompasses umgekehrt wurden, d. h. daß die sonst gegen Norden weisende Spitze derselben gegen Süden zeigte. Man vermutete, daß diese Erscheinung auf der Verwandtschaft der beiden Naturkräfte beruhe, die hier ihre Wirkung geltend machten: des Erdmagnetismus einerseits, der der Magnetnadel die Richtung gab, und der Luftelektricität andererseits, die den Blitz hervorrief. Ueber diese Vermutung war man jedoch nicht hinausgekommen, bis Oersted endlich durch sein Experiment diese Verwandtschaft unzweifelhaft feststellte. Unmittelbar nach Oersteds Entdeckung erkannte Ampère die Einwirkung zweier selbständiger elektrischer Ströme aufeinander; die Drähte, die von denselben durchflossen waren, zogen sich gegenseitig an oder stießen sich ab, je nachdem sie in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung von den Strömen durchlaufen waren. Die Hervorrufung von Magnetismus in einer Stahlnadel durch den elektrischen Strom, der durch einen schraubenförmig um jene gewundenen Kupferdraht geleitet wurde, wurde von dem französischen Physiker D. F. Arago (1786—1853) zuerst experimentiell nachgewiesen und damit zugleich der erste Elektromagnet geschaffen. Auf der von Oersted und Ampère gegebenen Grundlage arbeitete dann Faraday weiter und entdeckte (1832) die Erregung eines elektrischen Stromes durch Einführung eines Magneten in eine vielfach (um eine Spule) gewundene Drahtleitung, den sogenannten Induktionsstrom; er war es auch, der die schon früher erwähnten magnetischen Verhältnisse anderer Stoffe als des Eisens, so u. a. der Gase, zuerst erkannte. Bringt man zwischen die Pole eines hinreichend starken Elektromagneten einen Körper, so wird er von jenem entweder angezogen oder abgestoßen; er lagert sich darauf in ersterem Falle in paralleler Richtung mit der Verbindungslinie zwischen den beiden Polen, im letzteren Falle aber nimmt er eine senkrechte Stellung an. Durchsichtige Körper, die zwischen den Polen eines Magneten angebracht werden, lassen den durch sie hindurchgeführten Lichtstrahl nicht in gleicher Weise durch und man erkennt daran, ob sie „paramagnetisch" oder „diamagnetisch" sind, d. h. ob sie von dem Magneten angezogen oder abgestoßen werden. Bei seinen Untersuchungen fand Faraday die wichtige Thatsache, daß das Sauerstoffgas dem Magneten gegenüber in demselben Verhältnisse wie Eisen steht, also paramagnetisch ist, während alle übrigen Gase sich als diamagnetisch erweisen; tritt aber Erhöhung der Temperatur ein, oder wird der Sauerstoff verdünnt (eine Wirkung, die auch durch Wärme wegen der damit verbundenen Ausdehnung hervorgebracht wird), so verliert der Sauerstoff an paramagnetischer Kraft. Die andern (diamagnetischen) Bestandteile der Atmosphäre (Stickstoff und Kohlensäure) werden durch Erwärmung oder Ausdehnung in ihrem diamagnetischen Verhalten nur wenig beeinflußt. Nun wirkt aber infolge der Umdrehung der Erde um ihre Achse und ihres Kreislaufes um die Sonne diese letztere in veränderlicher Weise auf die Erdatmosphäre bezw. den Sauerstoff derselben ein und zwar so, daß dieser auf der der Sonne zugewandten Erdhälfte immer schwächer paramagnetisch sein wird als auf der anderen Hälfte. Da aber

die erwärmte und nicht erwärmte Erdhälfte stets andere Teile der Erdkugel umfassen, so wechseln auch die magnetischen Verhältnisse der darüberliegenden Luft- bezw. Sauerstoffschicht fortwährend, und Faraday glaubte hierin wenigstens zum Teil eine Erklärung der bereits erwähnten stetigen Veränderungen des Erdmagnetismus gefunden zu haben.

Gauß baute im Vereine mit Wilhelm Eduard Weber (1804—1891) (wir haben dieser beiden durch das innigste Freundschaftsverhältnis mit einander verbundenen Gelehrten bereits auf S. 67 u. 68 als der Erfinder des Elektromagnetischen Telegraphen gedacht) und mit Alexander von Humboldt die Lehre vom Erdmagnetismus weiter aus. Unter Beteiligung Humboldts wurde 1834 der magnetische Verein begründet, der durch seine an den verschiedensten Wohnorten seßhaften Mitglieder wertvolles Material für die Erkenntnis der erdmagnetischen Verhältnisse lieferte. Trotz der vielseitigsten und an den verschiedensten Punkten der Erde angestellten Forschungen ist indes der Erdmagnetismus noch bis heute eines derjenigen Gebiete der Naturwissenschaft geblieben, auf welchem noch die meisten Fragen offen stehen.

Die Elektricität, die in der Form magnetischer (d. h. anziehender und abstoßender) Wirkung von den Alten schon am geriebenen Bernstein (griechisch „elektron") wahrgenommen worden war, ist uns heute in allen möglichen Formen des Auftretens und der Wirkung bekannt; wir sehen sie in Gestalt der glänzendsten Lichtwirkungen, sehen sie in mechanische Kraft sich umwandeln und unsere Maschinen treiben, Wärme und Schall hervorrufen, chemische Verbindungen schaffen und zersetzen. Das elektrische Licht vermag Körper zu durchdringen, die für jedes einer anderen Lichtquelle entsprungene völlig undurchdringlich sind. Der elektrische Funke erzeugt eine Hitze, die starke Metallteile im Nu zu schmelzen vermag, andererseits ist aber wieder mit seiner Erscheinung eine so geringe Wärmeentwickelung verbunden, daß wir ihn sichtbar dem eigenen Körper entlocken können, ohne dabei irgend eine Wärmeempfindung zu haben. Dabei sind wir aber über die Entstehungsursachen der Elektricität und ihre Beziehungen zur Gesamtnatur noch keineswegs genügend aufgeklärt, und je tiefer die Männer der Wissenschaft in diese Materie eindringen, desto mehr lernen sie erkennen, daß es nur das Aeußerliche, die Erscheinungs- und Wirkungsweise dieser Naturkraft ist, das sich ihnen bisher enthüllt hat, daß sie aber noch sehr weit von der vollen Erkenntnis ihres inneren Wesens entfernt sind. Nur ein dunkles Ahnen geht durch die Welt der wissenschaftlichen Forschung, daß vielleicht gerade in der Elektricität diejenige einheitliche Urkraft zu suchen ist, auf die sämtliche Erscheinungen und Vorgänge in der unbelebten und belebten Natur zurückgeführt werden können. Man hat die Elektricität nach der Art, wie dieselbe im Experiment oder in der Natur hervorgerufen wird, in zwei Typen gesondert, von denen man den einen als Reibungselektricität, den anderen als Kontaktelektricität bezeichnet hat. Aus dem Gesichtspunkte der Einführung in die Wissenschaft betrachtet, ist der erstere Typus bei weitem der ältere, denn er war, wie schon oben bemerkt, bereits den Alten bekannt. Wie schon der Name besagt, verstand man unter Reibungselektricität diejenige, die durch Reibung oder, sachlicher ausgedrückt, durch enge, kräftige Berührung zweier Körper von ungleicher elektrischer Beschaffenheit hervorgebracht wird, und deren Wirkung in der — in der Regel plötzlichen — Ausgleichung der elektrischen Verschiedenheit der beiden Körper besteht. Auch kann durch fortgesetzte Reibung Elektricität in größerer Menge erregt und durch entsprechende Vorrichtungen aufgesammelt werden. Immerhin setzt sich die auf solche Weise erzielte elektrische Erregung und Wirkung aus einzelnen, für sich abgeschlossenen Vorgängen zusammen, während durch Kontaktelektricität eine gleichmäßig fortgesetzte Erregung stattfindet, die als elektrischer Strom bezeichnet wird. Der Name dieses zweiten Typus ist von dem Worte Kontakt (Berührung) hergeleitet, wodurch ausgedrückt wird, daß eine ständige Berührung zwischen den betreffenden Körpern stattfinden muß, wenn der elektrische Strom in Bewegung bleiben soll, und daß dieser unterbrochen wird, sobald die unmittelbare Berührung aufhört. Aus dem Umstande, daß bei Entladungen von Elektricität, die durch Reibung hervorgerufen war, diese kräftig genug waren, um auch aus einiger Entfernung auf einen guten

Leiter überzuspringen, während selbst die geringste Trennung der elektrischen Leitung die Kontaktelektricität unwirksam machte oder, mit anderen Worten gesagt, den elektrischen Strom unterbrach, glaubte man den Schluß ziehen zu sollen, daß hierin ein wesentlich unterscheidendes Merkmal der beiden Elektricitäten zu suchen sei. Hierauf beruhte, um ein Beispiel anzuführen, die Einrichtung der Blitzableiter bei dem elektrischen Telegraphen. Man führte den elektrischen Strom der Telegraphenleitung durch eine Metallplatte in den Apparat der Telegraphenstation und durch eine andere wieder aus demselben hinaus. Diese beiden Platten ruhten auf einer dritten, beträchtlich größeren, waren aber von dieser durch dünne, an ihren Ecken angebrachte Kautschukplättchen isoliert. Die dritte Platte wurde durch eine tief in die feuchte Erde hinabführende Drahtleitung (Erdleitung) unmittelbar mit dieser verbunden. Während nun der (durch galvanische Batterien hervorgerufene) kontaktelektrische Strom durch das obere Plattenpaar ungestört cirkulieren konnte, da er, von der Blitzplatte durch die Kautschukscheibchen getrennt, trotz der sehr geringen Entfernung von derselben nicht auf sie überspringen konnte, suchte der durch die Reibungselektricität der Luft hervorgerufene Blitzstrahl, wenn er in die Telegraphenleitung eindrang, den kürzeren Weg durch die Blitzplatte nach der Erde, und der Telegraphenapparat blieb daher von ihm unberührt.

Diese Unterscheidung elektrischer Typen ist nun längst aufgegeben worden. Man hat sich überzeugt, daß diejenige Form elektrischer Erregung, die hier als Kontaktelektricität bezeichnet worden ist, ihre Ursache nicht einfach in der fortgesetzten unmittelbaren Berührung der die elektrische Kette oder Leitung bildenden Körper, sondern vielmehr in chemischen Vorgängen hat, die sich während dieser Berührung von chemisch ungleichartigen Leitern eben infolge dieser Berührung vollziehen. Man hat ferner gefunden, daß die Luft ebenso gut ein elektrischer Leiter ist wie andere als solche bekannte Körper, nur daß ihr Leitungsvermögen ein geringeres ist, und zwar um so geringer, je weniger Feuchtigkeitsgehalt sie hat. Endlich hat man sich überzeugt, daß elektrische Zustände nicht bloß durch Reibung, Berührung oder chemische Vorgänge, sondern auch durch Wärme und andere Ursachen hervorgerufen werden können. Von Erscheinungen, die auf elektrische Vorgänge außerhalb unserer Erde, auf das Vorhandensein einer **kosmischen Elektricität** schließen lassen, ist bereits im vorhergegangenen Abschnitte dieses Buches hingewiesen worden, und es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß die thatsächlich beobachteten Beziehungen zwischen den Perioden der Sonnenflecken und magnetischen und elektrischen Vorgängen auf der Erde auf die Wirksamkeit der Sonnenelektricität zurückzuführen seien. Auch die an den Kometen beobachteten Erscheinungen, deren an anderen Orten Erwähnung geschehen ist, lassen sich am wahrscheinlichsten aus elektrischen Vorgängen erklären. Was nun speziell die Erdelektricität anbelangt, so glaubt man, daß dieselbe ihren Hauptsitz wohl an der Außenfläche des noch in glühendem Zustande befindlichen Erdkernes haben dürfte, der wahrscheinlich zum großen Teile aus metallischer Substanz besteht und daher einen guten Leiter abgiebt. Aber auch die Erdatmosphäre ist selbst im Zustande vollkommener Heiterkeit und Ruhe stets elektrisch geladen, und zwar scheint dies im Winter in höherem Maße der Fall zu sein als zur Sommerszeit; auch ist die Luftelektricität täglichen Schwankungen unterworfen, die im Allgemeinen mit dem Feuchtigkeitsgehalte der Atmosphäre zusammenfallen. In den Frühstunden ist die Luftelektricität schwach, wächst mit dem Steigen der Sonne, erhält sich dann (im Herbst und Frühling von 8 bis 9 Uhr, im Winter von 10 bis 11 Uhr angefangen) längere oder kürzere Zeit auf ihrem höchsten Stande und sinkt hierauf wieder gegen Sonnenuntergang hin, um zeitweilig längere Zeit nach diesem wieder ein Maximum zu erreichen.

Ueber die Ursachen der Elektricitätsanhäufung in den Wolken, die dadurch zu Gewitterwolken werden, ist man noch keineswegs im Klaren. Manche glauben die Ursache der Elektricitätserregung in der Verdichtung des Wasserdampfes suchen zu sollen, andere betrachten die Wolken als Konduktoren und Kollektoren (Leiter und Sammler) der Luftelektricität oder überhaupt der an der Erdoberfläche durch die Sonnenbestrahlung hervorgerufenen Elektricität. Steigen nun diese Wolken bei warmer, feuchter und ruhiger Luft

in Höhen empor, die für die Entwickelung elektrischer Vorgänge besonders geeignet erscheinen, so werden sie zu eigentlichen Gewitterwolken, deren Entladung sich uns als **Gewitter** darstellt.

Wir haben aber zu unterscheiden zwischen solchen **Wärmegewittern**, die sich infolge starker Sonnenbestrahlung an irgend einem Punkte der Erdoberfläche bilden und mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 10—12 m in der Sekunde, die auch derjenigen eines kräftigen Windes entspricht, in der Regel in der Richtung von Westen nach Osten sich fortbewegen, und zwischen **Wirbelgewittern**, die im Zusammenhange mit Luftwirbeln auftreten, und zu denen fast alle unsere **Wintergewitter** gehören.

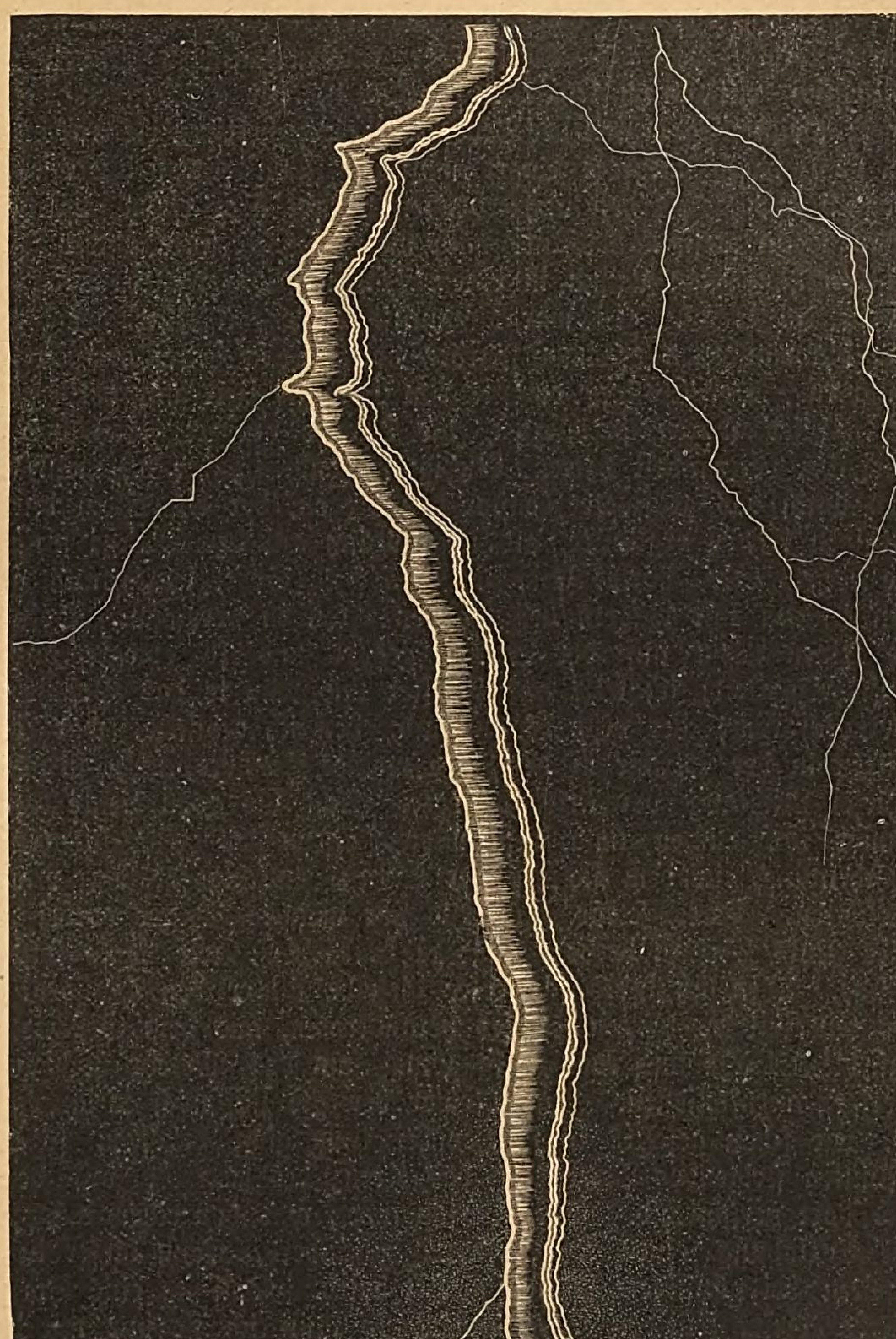
Die Gewittererscheinungen setzen sich zusammen aus Blitz, Donner und Niederschlägen. Der **Blitz** ist die mit der elektrischen Entladung der Gewitterwolken verbundene Lichterscheinung, die ihrem Wesen nach vollständig gleichbedeutend mit dem elektrischen Funken einer Elektrisiermaschine ist. Man unterscheidet drei Arten von Blitzen: die Linienblitze, die sich als schmale, schlangenartig gewundene oder zackig gebrochene Lichtstreifen darstellen, wobei indes zu beachten ist, daß die letztere Form nur auf einer optischen Täuschung beruht,



Momentaufnahme eines Blitzes.

während die geschlängelte Form allein den Verhältnissen entspricht, die mit der Blitzerscheinung verbunden sind. Man nimmt gewöhnlich nur einen Blitzstrahl wahr, weil der Blick sich eben auf diesen einen koncentriert. Bei aufmerksamer Beobachtung und noch besser bei Veranstaltung von photographischen Momentaufnahmen, wie unsere obenstehende Abbildung, wird man indes gewahr, daß der Blitz häufig aus mehreren Hauptästen sich zusammensetzt, die wieder vielfach verästelt sind. Vergrößert man die durch solche Momentaufnahmen erhaltenen Bilder, so sieht man, daß auch der Hauptstrahl aus mehreren hellen Linien zusammengesetzt ist. Unsere nebenstehende Abbildung zeigt die vergrößerte Photographie eines Blitzes, die von H. Keyser während eines starken Abendgewitters im Juli 1884 aufgenommen worden ist. Der Genannte schreibt hierüber: „Es war am 16. Juli gegen 10 Uhr abends, als der stärkste Blitz des Gewitters erfolgte, dem sehr schnell, etwa nach einer Sekunde, ein gewaltiger Donnerschlag folgte. Ungefähr 5 Minuten vorher hatte ich eine Platte exponiert, auf welche außer diesem Hauptblitz noch mehrere andere Entladungen gekommen sind. Der Hauptstrahl besteht nicht aus einer hellen Linie, sondern ist aus vier dicht neben einander liegenden Linien gebildet. Man sieht links den stärksten Strahl, an

den sich nach rechts ein breiteres helles Band anschließt. Dann folgen weiter nach rechts zwei dicht neben einander verlaufende Strahlen; dieselben sind in der (ursprünglichen) Reproduktion in einen zusammengeflossen, in der Vergrößerung eines Teiles des Blitzes aber (die unsere Abbildung zeigt) deutlich getrennt zu erkennen. Nach einem etwas größeren Abstande folgt endlich ein vierter Strahl. Alle vier laufen im Wesentlichen parallel durch alle Zacken und Krümmungen fort und weichen nur in kleinen Einzelheiten von einander ab." Diese Erscheinung dürfte sich am wahrscheinlichsten in der Weise erklären lassen, daß durch die Entladung in der nächsten Umgebung Schwingungen in der von derselben durchdrungenen Luftschicht entstehen, durch die eine Zerteilung der Entladung bewirkt wird.



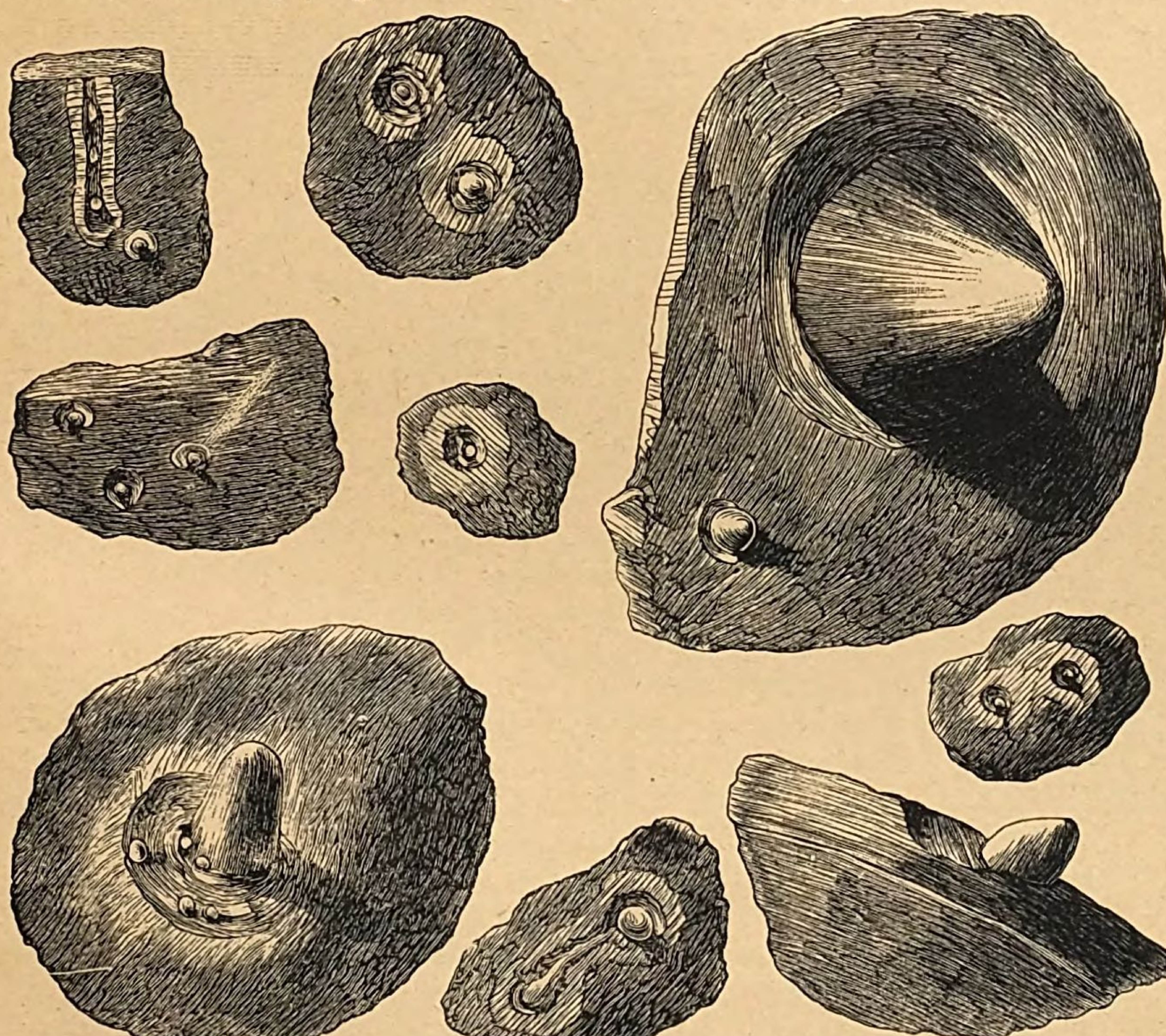
Vergrößerte Blitzphotographie.

Als einen zweiten Blitztypus nennen wir die Flächenblitze, deren Licht sich nicht in einer schmalen Linie sammelt, sondern mehr flächenartig ausgebreitet oder zerstreut ist. Doch werden sich dem Auge häufig auch Linienblitze, die von einer Wolkenschicht verdeckt sind, als Flächenblitze darstellen; wirkliche Flächenblitze sind dadurch erkennbar, daß die mit ihnen verbundene Lichterscheinung länger andauert, als bei Linienblitzen, daß es sich also hier nicht um eine funken-, sondern um eine büschelartige Entladung handelt, wie man sie auch im Experiment beobachten kann. Als eine dritte Art von Blitzen wäre das sogenannte Wetterleuchten zu bezeichnen, wobei die Lichterscheinung ohne begleitende Schallerscheinung (Donner) stattfindet. Sehr häufig ist das Wetterleuchten nichts anderes als der Wiederschein von Blitzen, die einem sehr entfernten unter dem Horizonte stehenden Gewitter angehören, so daß die Schallwellen des sie begleitenden Donners die den Beobachter umgebende Luft nicht mehr erreichen; doch kommt es auch vor, daß der Ausgleich der elektrischen Spannung in so wenig gewaltsamer Weise sich vollzieht, daß eine schallwirkende Lufterschütterung

überhaupt nicht eintritt. Ob die sogenannten Kugelblitze überhaupt zu den elektrischen Erscheinungen gerechnet werden dürfen, ist fraglich. Diese Erscheinung hat nichts von der im eigentlichen Sinne des Wortes „blitzschnellen" Geschwindigkeit der Linienblitze, sondern bleibt mehrere Sekunden lang sichtbar. Die einer Feuerkugel ähnliche Erscheinung bewegt sich ziemlich langsam von den Wolken zur Erde und ihr Lauf läßt sich deutlich verfolgen, sie verschwindet plötzlich mit oder ohne geräuschvolle Entladung. Auch aufsteigende Kugelblitze sind beobachtet worden, so 1821 von dem französischen Artillerie-Offizier Hogard zu Epinal. Die Feuerkugel hatte einen scheinbaren Durchmesser von ungefähr 4 Zoll und stieg in einem Winkel von 50—60° unter raketenähnlichem Zischen zu den Wolken empor, um schließlich mit einem Knall zu zerplatzen, der demjenigen beim Abfeuern eines Mörsers glich; gleichzeitig erhielt der Beobachter einen heftigen elektrischen Schlag, dessen Nachwirkung er noch durch mehrere Tage empfand. Von einem österreichischen Marinemaler empfing Hogard aus Triest den nachstehenden Bericht über einen Kugelblitz: „Im Jahre 1841 und zwar, wenn mein Gedächtnis mich nicht täuscht, im Monate Juni, wohnte ich in Mailand im Gasthaus zum Lamm in einem Zimmer des zweiten Stockwerkes mit der Aussicht nach Corsia dei Servi. Es war Nachmittags nach 6 Uhr; der Regen fiel in Strömen herab und die dunkelsten Zimmer wurden von Blitzen heller erleuchtet, als bei uns durch Gasflammen. Der Donner ertönte von Zeit zu Zeit mit entsetzlichem Krachen. Die Fenster der Häuser waren geschlossen, die Straße verödet, weil der Regen den Weg in einen Gießbach verwandelt hatte. Ruhig dasitzend, rauchte ich meine Cigarre und betrachtete von fern durch das geöffnete Fenster den Regen, der bisweilen, durch die Sonne erleuchtet, in goldigen Fäden erglänzte, als ich plötzlich auf der Straße mehrere Kinder und Erwachsene die Worte rufen hörte: Guarda, Guarda! (Seht, seht!) und gleichzeitig ein Geräusch wie von einigen mit Nägeln beschlagenen Schuhen vernahm. Seit einer halben Stunde hatte ich keinen Lärm auf der Straße gehört und so erregte das erwähnte Geräusch meine Aufmerksamkeit; ich eilte ans Fenster und wandte das Gesicht nach der Seite, woher das Geräusch kam; der erste Gegenstand, den ich erblickte, war eine feurige Kugel, die sich mitten in der Straße in der Höhe meines Fensters, nicht in horizontaler, sondern in etwas schiefer Richtung vorwärts bewegte. Acht bis zehn Leute aus dem Volke riefen, noch immer ihre Augen nach dem Meteor gewandt: Guarda, Guarda! und begleiteten die Erscheinung, in dem sie ihr der Straße entlang folgten, etwa im Geschwindmarsch der Soldaten. Das Meteor zog ruhig vor meinem Fenster vorbei und nötigte mich, den Kopf nach links hin zu drehen, um zu beobachten, wie diese sonderbare Erscheinung endigen würde. Weil ich indes fürchtete, dieselbe hinter den Häusern, die aus der geraden Front des von mir bewohnten Hauses heraustraten, aus dem Gesichte zu verlieren, eilte ich rasch auf die Straße und kam zeitig genug, um das Meteor noch zu sehen und mich den Neugierigen anzuschließen. Das Meteor bewegte sich noch so langsam; es hatte sich aber, weil es, wie schon gesagt, in schiefer Richtung ging, erhoben, so daß es nach weiteren drei Minuten steigender Bewegung das Kreuz des Turmes auf der Kirche dei Servi erreichte und dort verschwand. Sein Verschwinden war von einem dumpfen Krachen begleitet, ähnlich der Entladung eines Sechsunddreißigpfünders, wenn dieser in einer Entfernung von drei Meilen bei günstigem Winde gehört wird. Soll ich eine Vorstellung von der Größe und Farbe dieser feurigen Kugel geben, so kann ich sie nur mit dem Monde vergleichen, wie man ihn in einer heiteren Winternacht aufgehen sieht, wie ich mich z. B. erinnere, ihn zu Innsbruck in Tirol gesehen zu haben, nämlich von einem rötlichen Gelb, mit einigen mehr ins Rote spielenden Flecken. Doch fand darin ein Unterschied statt, daß man in dem Meteore keine bestimmten Umrisse wie beim Monde wahrnahm; es schien vielmehr in eine Lichtatmosphäre, deren Glanz man nicht bestimmt angeben konnte, eingehüllt zu sein.

Wie aus verschiedenen Berichten hervorgeht, ist die Farbe der Kugelblitze sehr wechselvoll und zwar wahrscheinlich aus denselben Gründen, die für die ebenfalls sehr verschiedene Färbung der gewöhnlichen Blitze maßgebend sind. Ist Wasserstoffgas reichlich an der Erscheinung beteiligt, so wird rötliche Färbung, bei Ermangelung dieses Stoffes, wenn also

der Stickstoff der Atmosphäre überwiegend zur Geltung gelangt, blaue oder blauviolette Färbung eintreten. Daß Kugelblitze zuweilen einen Geruch hinter sich zurücklassen, unterscheidet sie nicht von gewöhnlichen Blitzen, bei denen dies mitunter auch der Fall ist. Man hat versucht, dieses Phänomen mittels des Experiments im Kleinen nachzuahmen und in der That Erfolg dabei gehabt; trotzdem kann aber nicht mit Sicherheit behauptet werden, daß es sich dabei um eine elektrische Erscheinung handle. Sehr heftig ist die Wirkung, die der Blitzschlag durch seine mechanische Gewalt hervorbringt. Starke Bäume werden gespalten und zersplittert, schwere Steine aus der Erde herausgeworfen, Möbel umgeworfen und zertrümmert, Metallstücke aus den Wänden gerissen und weit fortgeschleudert; durch die bedeutende Temperaturerhöhung, die der Blitz an den von ihm getroffenen Stellen verursacht,



Metallschmelzungen durch Blitz.

werden leicht brennbare Gegenstände entzündet und wenigstens angekohlt, dünnere Metallstücke, durch die er hindurchfährt, geschmolzen oder verflüchtigt. Durch einen Blitzschlag, der 1827 ein auf der Fahrt von Amerika nach Liverpool begriffenes Packetboot traf, wurde ein Bleirohr von 6 cm Durchmesser und 12 mm Dicke geschmolzen und ein zweiter Blitzschlag brachte die eiserne Fangstange des am großen Maste angebrachten Blitzableiters auf eine Länge von 23 cm bis zu einer Stärke von 6 mm Durchmesser zum Schmelzen. Auch die Leitungskette, die bei 6 mm Durchmesser etwa 40 m lang war, wurde bis auf ein kurzes Ende abgeschmolzen. Unsere Abbildung zeigt eine Anzahl von Metallstücken, auf denen der Blitz Erhöhungen und Vertiefungen durch Abschmelzen hervorgebracht hat; besonders interessant sind die kegelförmigen, aus kraterähnlichen Vertiefungen hervorragenden Erhöhungen, die aussehen, als hätte eine von außen her wirkende Anziehungskraft die geschmolzene Substanz emporgehoben. Auch an Felsen kann man deutliche Spuren von

Schmelzung durch Blitzschlag beobachten, und in dieser Hinsicht verdienen namentlich jene röhrenförmigen, zuweilen mehrfach verästelten, senkrecht im Sande steckenden Gebilde besonderes Interesse, die unter dem Namen Blitzröhren oder Fulguriten bekannt sind. Sie entstehen dadurch, daß der Blitz in Sandhäufungen einschlägt, wobei die in seiner Bahn liegenden Quarzkörner miteinander zu einer Röhre zusammengeschmolzen werden. Solche Röhren, die manchmal eine glasige Beschaffenheit annehmen, lassen sich mitunter 3 bis 5 m in die Tiefe verfolgen.

Menschen und Tiere werden durch den Blitzschlag manchmal nur betäubt oder äußerlich verletzt, häufig genug aber auch getötet; es kommen Fälle vor, daß ganze Familien durch einen einzigen Blitzschlag ihren Untergang finden. Im Jahre 1882 schlug der Blitz in Graz (Steiermark) in die mit 120 Stück Mastochsen bestellte Stallung einer großen Brauerei ein und tötete 44 der Tiere, die in vier verschiedenen Räumen verteilt waren. Hier fielen mehrere nebeneinander stehende Stücke, dort blieben einzelne wieder völlig unversehrt, und, in eine andere Abteilung überspringend, richtete der Blitz dort wieder eine ähnliche Verheerung an. Sehr häufig hat man am Körper vom Blitze getroffener Menschen eigentümliche Zeichnungen gefunden, die Baumästen, Zweigen von Schling- oder Wasserpflanzen, sternförmig verästeten und anders beschaffenen Gebilden glichen. In Barmen schlug im Juni 1884 ein Blitz auf dem Rennplatze ein, auf welchem sich bereits zahlreiche Zuschauer eingefunden hatten. Zwanzig Menschen wurden gleichzeitig von einem niederfahrenden Blitzschlage getroffen; vier derselben blieben sogleich tot, sechzehn erholten sich nach kürzerer und längerer Zeit, trugen aber in ihrer Mehrzahl erhebliche Beschädigungen davon. Alle Getroffenen zeigten leichenblasse Farbe, entstellte Gesichtszüge und auffallend kalte Extremitäten. Eine von den Verletzten hatte einen hinter dem linken Ohr beginnenden und bis zur Schulter hin sich erstreckenden, handtellerbreiten, unregelmäßig gestalteten Brandfleck, auf dessen mittleren Partien die Haut in einen tiefgreifenden, lederartigen Schorf verwandelt war; leichtere Hautversengungen und gerötete Stellen waren auf der rechten Brusthälfte, am rechten Ober- und Unterarm zu sehen. An den Fußsohlen fanden sich beiderseits über zwanzig linsen- bis groschengroße, rundliche, weißgraue Flecken mit durchlöchertem Mittelpunkte und einer Umrahmung von losgelösten und teilweise angesengten Teilen der Oberhaut. Eine andere vom Blitz getroffene Frau zeigte keinerlei Verletzung, und von ihrer Bekleidung war einzig und allein die Haube durch den Blitz angegriffen und in Asche verwandelt worden. Dagegen war die ganze rechte Seite der Frau gelähmt, und die Nachwehen dieser Lähmung erhielten sich 42 Jahre lang in der Weise, daß bei Annäherung von Gewittern der Zustand der Gefühllosigkeit sich verstärkte. In manchen Fällen soll aber der Blitzschlag durchaus keine Nachteile, sondern vielmehr eine Stärkung und Wiederherstellung der Gesundheit mit sich gebracht haben.

Die gewöhnliche Begleiterscheinung des Blitzes ist der Donner. Derselbe wird durch die heftige Erschütterung der Luft infolge des Hindurchfahrens des Blitzes hervorgerufen, indem die davon betroffene Luftschicht nach allen Richtungen einen Druck auf die umgebenden Luftmassen ausübt, die dadurch in wellenförmige Bewegung geraten und als Schallwellen an das Ohr gelangen. Die Wellenbewegung bricht sich an den Wolken und an der Erdoberfläche, wodurch der Schall in verschiedenen Richtungen zurückgeworfen wird und sich zu einem rollenden Geräusche verlängert. Da der Blitz, wie schon früher gesagt, aus mehreren an verschiedenen Stellen überschlagenden Funken gebildet ist, so verteilt sich auch die den Schall verursachende Wirkung desselben auf diese Punkte, und die Folge davon ist, daß man den Donner scheinbar oft mehrmals nacheinander anwachsen und wieder abnehmen hört; in Wirklichkeit sind es aber — abgesehen von etwa mit in Frage kommenden Echowirkungen — die verschieden weit entfernten gleichzeitigen Entladungen, die das Ohr nur nach und nach erreichen. Der Schall legt nämlich nur 340 m in der Sekunde zurück, während der Verbreitungsbezirk solcher Entladungen ein weit umfangreicherer sein kann, so daß dieselben, je nach der Entfernung, rascher oder langsamer zum Gehör kommen, also beispielsweise eine 170 m weiter entfernte um etwa $^1/_4$ Sekunde

später als eine nur 85 m entfernte. Delisle hat Entladungen beobachtet, deren Schallerscheinungen bis zu 50 Sekunden andauerten. Infolge der großen Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles und des Lichtes nehmen wir selbst den entferntesten Blitz fast augenblicklich, den dazugehörigen Donner dagegen — je nach der Entfernung der Entladungen — erst nach kürzerer oder längerer Pause wahr. Beginnt man beim Aufzucken eines Blitzes die Sekunden zu zählen, die bis zum Hörbarwerden des Donners verstreichen, so kann man leicht die Entfernung der Entladung berechnen, indem man die Sekundenzahl mit 340 (der Zahl der Meter, die der Schall in einer Sekunde zurücklegt) multipliziert. Bei heftigen Gewittern erfolgen indes die Entladungen so rasch nach- und so zahlreich nebeneinander, daß bei der Rechnung sehr leicht ein Irrtum unterlaufen und der Zählversuch überhaupt vereitelt werden kann. Verstreichen 10 bis 12 Sekunden zwischen Donner und Blitz, so hat die Entladung jedenfalls weit genug vom Beobachter stattgefunden, um für ihn und seine Umgebung gefahrlos zu sein. Die größte zwischen Blitz und Donner beobachtete Zeitdauer soll 72 Sekunden betragen haben, so daß in diesem Falle die Entladung trotz einer Entfernung von mehr als 24 km für Gesicht und Gehör noch wahrnehmbar geblieben wäre. Zieht man indes in Betracht, daß starkes Geschützfeuer noch auf fünfmal größere Entfernung vernommen werden kann, so erscheint jene Zahl keineswegs erstaunlich groß.

Die Einwirkung der Luft auf die Gestaltung der Erdoberfläche ist teils mechanischer, teils chemischer Natur. Die zersetzende Wirkung des Sauerstoffes, der ungefähr den fünften Teil der chemischen Zusammensetzung unserer Atmosphäre beträgt, äußert sich an Mineralien und Metallen in sehr kräftiger Weise. Durch die Einwirkung elektrischer Entladungen bei Gewittern und verwandten Erscheinungen wird der Sauerstoff der Luft in eigentümlicher Weise umgewandelt; es bildet sich sogenannter aktiver Sauerstoff oder Ozon, ein vom griechischen ozein, riechen, hergeleiteter Name, der sich auf den eigentümlichen Geruch dieses modifizierten Sauerstoffes bezieht. In dieser Form kommt der Sauerstoff der Luft, obwohl die in dieser enthaltenen Ozonmengen stets sehr gering sind, zu verstärkter chemischer Wirkung. Auch die Verbindung des Sauerstoffes mit Kohlenstoff zur Kohlensäure ist von erheblicher Wirkungskraft und spielt namentlich bei der sogenannten Verwitterung eine große Rolle. Die Verwitterung ist ein Prozeß, der die ursprünglich feste Substanz des Gesteines auflockert und schließlich zu pulverigem Zerfall bringt. Allerdings ist auch das Wasser, und zwar in hervorragendem Maße, an dem Verwitterungsvorgange, der einen der wichtigsten an der Oberflächengestaltung mitwirkenden Faktoren bildet, beteiligt. Allein gerade dort, wo die Verwitterung zu größter Wirkung und Bedeutung gelangt, nämlich im Gebirge, ist das Wasser auch ein Produkt der Luft, indem es als Bestandteil derselben zu jenen Höhen emporgehoben wird, dort in Gestalt von Niederschlägen sich verdichtet und als meteorisches Wasser seine Wirksamkeit beginnt und fortsetzt, bis es als tellurisches Wasser sich sammelt und in Bächen, Flüssen und Strömen dem Meere zueilt. In jenen frühen Zeitaltern, in denen die Pflanzenwelt, die die Kohlensäure der Luft aufnimmt, noch nicht vorhanden war, war diese jedenfalls noch viel reicher an diesem Stoffe, zumal die damals noch weit bedeutsameren Erscheinungen des Vulkanismus reichliche Massen von Kohlensäure lieferten. Der chemische Einfluß der Atmosphäre war infolgedessen zu jener Zeit wohl auch viel stärker als jetzt.

Was die mechanische Einwirkung der Luft auf die Bildung der Erdoberfläche anbelangt, so äußert sich dieselbe hauptsächlich in der Wirkung der Winde, die durch abwechselnde Anfeuchtung und Wiederaustrocknung des freiliegenden Gesteins dessen Verwitterung begünstigen, dasselbe der schützenden Fläche loser, aus kleinen Teilen bestehender Massen entkleiden und so den Angriffen der Hitze und Kälte und der die Verwitterung herbeiführenden Einflüsse preisgiebt, weite von losem Sande bedeckte Ebenen bloßlegen, um dieses Material an anderer Stelle anzuhäufen, und endlich dort, wo trockene Winde vorherrschen, zur Wüstenbildung führen. Eine der bekanntesten Wirkungen des Windes ist die Fortschaffung des Flugsandes auf weite Strecken und die Aufhäufung desselben zu Dünen. An der

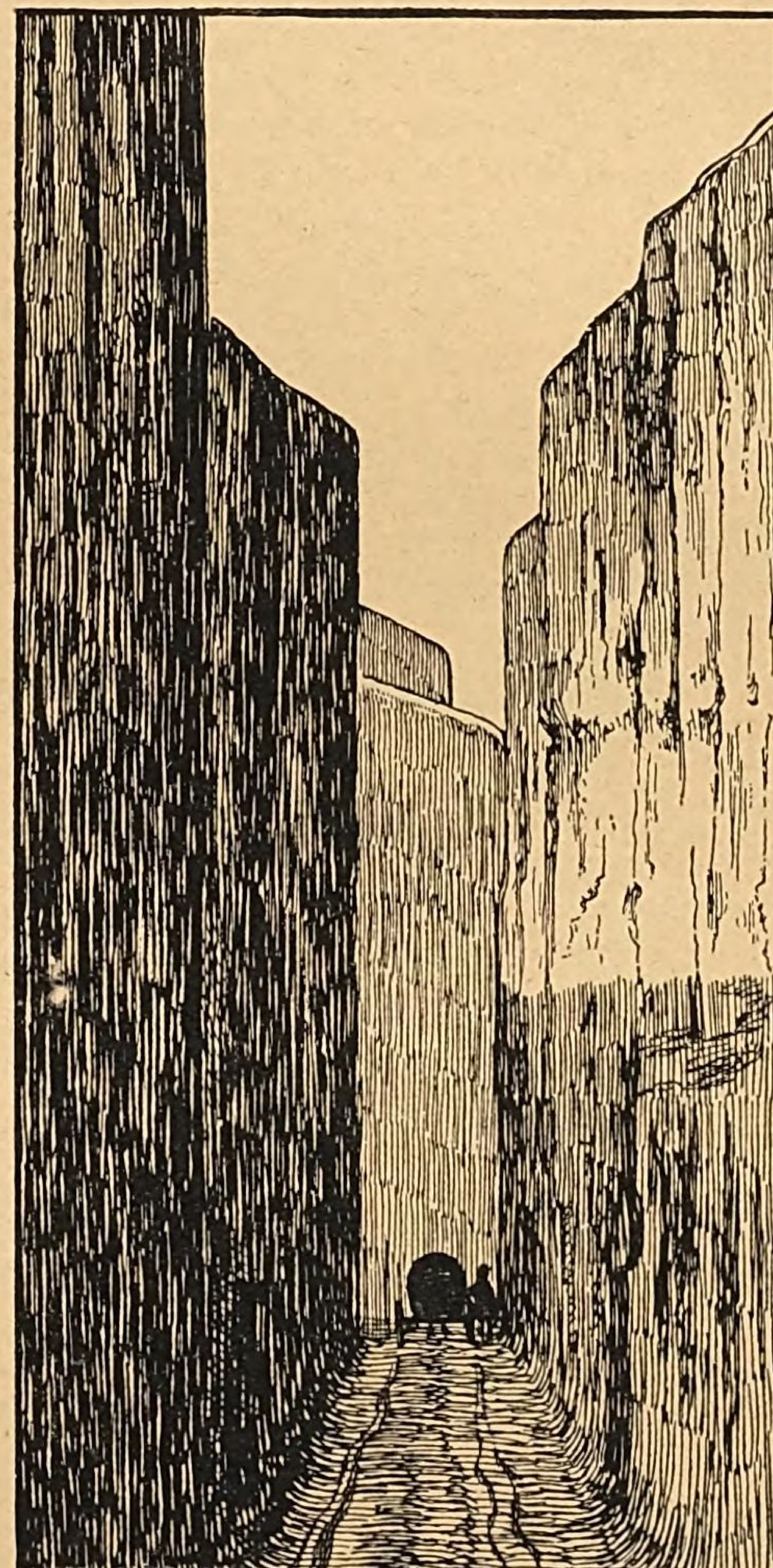
21*

Meeresküste, wo während der Ebbe weite Strecken von dem sie bedeckenden Sande entblößt und von dem kräftigen Seewinde fortgeweht werden, und in den Wüstengebieten, die ähnliche Verhältnisse zeigen, nimmt die Dünenbildung einen großen Umfang an. Neumayr erklärt die Dünenbildung in nachstehender, sehr einfacher und leichtverständlicher Weise: Würde der Sand über eine ganz vollkommene Ebene getrieben, in der ihm keinerlei Hindernis entgegensteht, so würde er sich gleichmäßig ausbreiten; wo aber ein solches Hindernis vorhanden ist, da fällt er in größerer Menge nieder. Es genügt, eine Reihe von Pflöcken senkrecht zur Windrichtung an einer Küstenstrecke einzuschlagen, an welcher der Sand treibt, um die Bildung einer Düne künstlich zu bewirken. Die Sandkörner bleiben vor den Pflöcken liegen und bilden hier eine sehr sanft ansteigende Böschung, während andere unmittelbar hinter der Pflöcken auf der Leeseite niederfallen und sich hier unter steilerem Winkel ansammeln. In der Natur bilden Steine, Pflanzenwuchs und ähnliche Körper das Hindernis, welches den ersten Anstoß zur Dünenbildung giebt. Bald ist dasselbe vom Sande ganz bedeckt, aber nun bildet die Anhäufung dieses letzteren die Barrière, an welcher fernerhin Sand niederfällt, so daß die Düne sich immer mehr vergrößert. Auf diese Weise bilden sich auf dem Boden mehr oder weniger gleichlaufende Linien oder Ketten von Sandhügeln. Dieselben bleiben jedoch nicht immer auf derselben Stelle; wenn sie eine gewisse Höhe überschreiten, trägt der Wind keine neuen Körner mehr über sie weg, die vordere Böschung wird dann durch das Anblasen neuen Sandes immer sanfter, während der Kamm nach rückwärts hinuntergeweht wird; der Wind trägt wieder neuen Sand in die Höhe, es bildet sich ein neuer Kamm, der etwas weiter nach vorn liegt als der ursprüngliche, und so wandern die Dünen fortwährend, wenn auch langsam, der herrschenden Windrichtung entsprechend, landeinwärts. Ein Verfahren, das in der Feldbefestigung angewandt wird, die Herstellung sogenannter Erdwalzen, beruht in der Hauptsache auf dem Prinzip der Dünenbildung. Wenn es sich darum handelt, einer feindlichen Stellung näher zu rücken, so werden Gräben aufgeworfen und das aus dem Boden gewonnene Material bildet einen Schutzwall für die dahinter stehenden Truppen. Dadurch, daß der rückwärtige Teil dieses Walles immer wieder über denselben hinweg nach vorne geschafft wird, rückt die Deckungslinie immer näher an die feindliche Stellung heran, bis sie endlich da angelangt ist, wo die eigenen Truppen ihre Aufstellung nehmen sollen und wo nun der Wall, dem Bedürfnis entsprechend, verstärkt und ausgebaut wird.

Während in der Sahara einzelne Dünenzüge bis zu einer Höhe von 200 m und einer Längenausdehnung von 70—80 km anwachsen sollen, findet man in der Libyschen Wüste nur solche von durchschnittlich 20—30 m, höchstens 100 m Höhe. Am französischen Mittelmeergestade erreichen die Küstendünen höchstens 7 m Höhe, wogegen sich an der am Atlantischen Ocean gelegenen „Les Landes“ genannten Küste der Gascogne solche von 90 m Höhe vorfinden und die Dünen der Kurischen Nehrung bis zu 70 m Höhe ansteigen. Hier bewegt sich nach der Schilderung Berendts quer über die schmale, 11 Meilen lange Landzunge in ihrer ganzen Ausdehnung eine breite Dünenkette, deren höchste Punkte das eben angegebene Maß erreichen, und die im Verlaufe eines Jahres um nahezu 6 m vorrückt. Dörfer, Felder und Waldbestände verschwinden unter ihr, und die Bewohner müssen vor ihr zurückweichen, um sich an anderen Orten anzusiedeln, wo sie nach kürzerer oder längerer Zeit aufs neue von der Düne erreicht werden. So hat beispielsweise das Dorf Pillkoppen schon dreimal seinen Ort gewechselt, und ist gegenwärtig neuerdings von der Versandung heimgesucht. Das gleiche Schicksal, dem früher schon viele Dörfer auf dieser Landstrecke zum Opfer gefallen sind, bedroht auch die übrigen noch auf derselben bestehenden Ansiedelungen (zur Zeit 16 mit etwa 1700 Einwohnern), und man glaubt, daß das Kurische Haff binnen drei bis fünf Jahrhunderten völlig vom Flugsande ausgefüllt sein wird, wenn nicht ein genügendes Hindernis dem unausgesetzten Vorschreiten desselben entgegengesetzt werden kann. Ein beredtes Beispiel von dem Vorrücken der Düne giebt das Dorf Kunzen auf der Kurischen Nehrung, das anfangs unseres Jahrhunderts in dem mächtigen Dünenwalle noch einen Schutz gegen die Fluten der Ostsee fand, im Jahre 1839

vollständig in der Düne begraben lag, im Laufe der weiteren Jahrzehnte aber als Ruine wieder zum Vorschein kam und seither freiliegt, während die Düne selbst gegen das Kurische Haff vorgerückt ist und teilweise mit ihren Sandmassen den Küstensaum desselben verbreitert, also sozusagen hier neuen Boden geschaffen hat.

Kann der Wind an und für sich auch keine namhafte zerstörende Wirkung auf festes Gestein ausüben, so wird dieses doch mittelbar durch ihn angegriffen, indem er die Sandmassen gegen die seinem Anpralle ausgesetzten Gesteinsflächen peitscht, so daß sie tiefe Furchen in dieselben graben und dadurch sehr geeignete Angriffspunkte für die weitere Zerstörung durch Verwitterung schaffen.



Lößschlucht in China.

Eine hervorragende Mitwirkung kommt dem Winde bei der Bildung des Löß zu, der bei uns hauptsächlich im Rhein- und Donauthale vorkommt und hier bis zu einer Mächtigkeit von 80 m anwächst, in China aber weite Gebiete ausfüllt und Schichten bis zu 700 m Dicke bildet. Der Löß ist ein sandiger, kalkhaltiger Lehm von sehr gleichmäßigem Korne; während er sich bei uns im Verlaufe der Diluvialzeit abgelagert hat, ist er in China durch Verwitterung der oberflächlichen Gesteinsmassen in den regenarmen Gebirgen Innerasiens gebildet worden. Das staubartige Material wurde dort vom Winde über große Flächen verbreitet, teilweise auch im abgeschlossenen Seebecken zusammengeschwemmt, wo er sich als Seelöß ablagerte. Mehrere größere Flüsse des nördlichen China, so namentlich der Hoangho, haben ihre Thäler tief in diese Lößmassen eingeschnitten; an ihrer Oberfläche sind sie aber wasserlos geblieben, weil der Löß in seiner ganzen Ausdehnung von feinen, senkrechten Haarröhren durchzogen ist, durch die das Wasser in die Tiefe sickert. Diese eigentümliche Struktur des Löß hat auch zur Folge, daß derselbe an Stellen, wo seine Wände frei liegen, in senkrechter Richtung sich zerklüftet; das in der Tiefe fließende Wasser unterwäscht die unteren Schichten, und das Material stürzt in die so entstandenen Aushöhlungen von oben her nach. Es entstehen auf solche Weise senkrechte enge Schluchten, oder dort, wo der Löß von Zwischenlagen kalkhaltiger Absonderungen (Kalkknollen von seltsamer Gestalt, sogenannten Lößmännchen, und Mergelschichten, die, mit der Ackerkrume vermischt, einen sehr fruchtbaren Boden geben) unterbrochen wird, terrassenförmige Abstufungen. Richthofen schildert diese chinesische Lößlandschaft, von der unsere Abbildung eine Probe giebt, in anschaulicher Weise. „Als ich“ — so schreibt er — „in die Gegend von Pingyangfu gelangte, hatte eine anhaltende Dürre das Aufkommen der Saaten vollkommen verhindert. Der Boden war kahl und einförmig gelb; wie ein Wüstenland lag

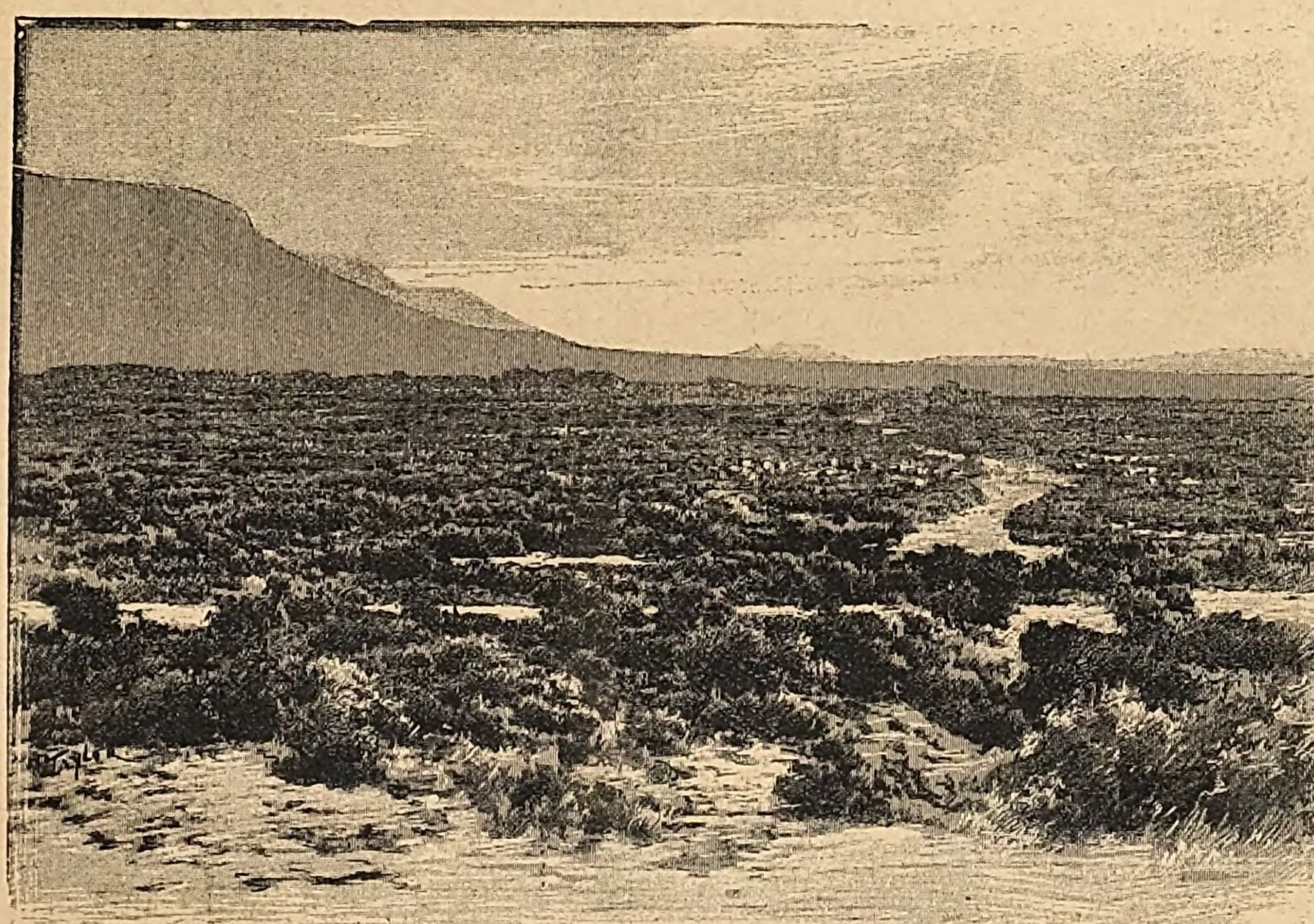
das sonst so fruchtbare Thal vor mir. Man glaubte bei der klaren Atmosphäre jede Unebenheit des Bodens wahrnehmen zu müssen; allein einige in unmittelbarer Nähe gelegene Schluchten abgerechnet, schien das Land so gleichmäßig, daß man meinte, ein Regiment von Kavallerie müsse im Fluge über die weite Ebene hineilen können. Und doch ist dieselbe so unzugänglich, daß selbst der Fußgänger verloren ist, wenn er sich nicht an den gebahnten Weg hält; die Schwierigkeiten des Fortkommens sind dann größer, als wenn man sich zwischen Felsen und Klippen befindet. Wandert man von einem Flusse, der sein Bett in den Löß eingeschnitten hat, in einer der Schluchten hinauf, so vereinigen sich bald mit ihr andere Schluchten von rechts und links, kleinere und größere, und in jeder derselben, wenn wir sie verfolgen, kommen wir zu neuen Rissen, und jeder von diesen verzweigt sich gegen seinen Oberlauf mehr und mehr. Steigen wir zu ihrem letzten Anfang hinauf, so finden wir die meisten schon an ihrer Ursprungsstelle als Risse von 30—50 Fuß Tiefe bei einer Breite von oft nicht mehr als 3—6 Fuß. Wandert man dagegen auf der Oberfläche der so sanft aussehenden Lößmulde abwärts, oder verläßt man dort einen der gebahnten Wege, so steht man plötzlich am Rande eines dieser tiefen Risse; da man nicht über denselben hinüber kann, so geht man die Spalte entlang aufwärts; aber bald wird der Weg durch eine neue Kluft verstellt, die unter einem schiefen Winkel in die erste einmündet; man folgt ihr und verliert noch mehr die Richtung des beabsichtigten Weges. Dann kommen abermalige Abzweigungen, und wenn man ihnen entlang geht, so ist man bald in dem Gewirre der immer neu hinzukommenden Schluchten verloren. Sorgfältig wandert man zu dem ersten Punkte zurück und versucht das Fortkommen nach abwärts, aber da gelangt man bald an einen klippenförmigen Vorsprung, der auf der einen Seite von der ersten Schlucht, auf der andern von einer zweiten, seitlich einmündenden, begrenzt wird. Mühsam steigt man von einigen Terrassen hinab, aber wenn man auf die letzte derselben gelangt, so stürzt sie mit senkrechten Wänden nach dem Boden der beiden Risse ab.

Hätte der Löß in seiner ganzen Mächtigkeit gleichmäßige Struktur, so würden solche Gegenden überhaupt nicht passierbar sein, denn dann würden die Schluchten als absolut senkrechte Spalten oft mehr als 1000 Fuß Tiefe niedersetzen. Hier tritt als wohlthätiges Element die Anordnung der Mergelknauern in Lagen ein, durch welche die senkrechte Wand in einen Terrassenabfall verwandelt wird. Jede einzelne Bank endet zwar in einem senkrechten, zuweilen überhängenden Abfall, aber die schützende Decke bewirkt eine Verebnung ihrer obern Fläche, und erst in einigem Abstande vom ersten Steilrande stürzt die nächste Bank ab. An diesen Wänden schreitet die Zerstörung sehr langsam fort, da sie nicht von fließendem Wasser begünstigt wird; die sparsam herabstürzenden Schollen häufen sich an ihrem Fuße und werden vom Regen und durch die Arbeit des Landmannes über die Oberfläche der Terrassen verteilt, so daß die Mergelknauern mit einer Schicht weicher Ackererde bedeckt werden. Ueberblickt man einen solchen Terrassenabhang in guter Jahreszeit von oben, so sieht man nichts als grüne Felder, während der Beschauer, der in der Schlucht steht, nur die gänzlich vegetationslosen Lößwände, starr und gelb, eine über der andern ansteigen sieht, jede am Rande von einer Reihe Grashalme begrenzt.

Vermöge dieser Besonderheiten gestaltet sich die Lößlandschaft zu den wechselvollsten Bildern; jeder Blick hinab in die labyrinthischen Bodeneinschnitte oder aus den Schluchten hinauf in die einzelnen der in sie mündenden Zweige bringt neue Bilder. Man kann im Löß tausend Landschaften gesehen haben und trifft mit Erstaunen stets neue, unerwartete Kombinationen, mit einer Fülle des Romantischen, Bizarren und Abenteuerlichen ausgestattet. Besonders eigentümlich gestalten sich die Bilder, wo viele Schluchten zusammenkommen und Lößpfeiler von mehreren Hundert Fuß Höhe den Raum zwischen ihren beiden Enden einnehmen, nach jeder Seite sich abterrassierend und schließlich in einen spitzwinkeligen Grad auslaufend, der an seinem letzten Ende sich noch einmal in Trümmer auflöst. An einer andern Stelle geht man in einem tief zwischen Lößwänden eingeschnittenen Hohlwege; überrascht sieht man in seiner Seite eine Oeffnung angebracht, um das bei Regen sich ansammelnde Wasser abzuleiten, ein, wie man glauben sollte, in einem Hohlwege zwischen

100 Fuß hohen Wänden gewachsenen Bodens aussichtloses Unternehmen. Mit Verwunderung gewahren wir, daß die eine Seite des Hohlweges nur eine natürlich frei stehende Erdmauer und die Oeffnung darin ein Fenster ist, der Hohlweg aber dicht neben einem gähnenden Abgrunde eingeschnitten ist. Wir blicken hinab in ein Chaos von Wildnis, wo tausend Vorsprünge von einfarbig gelbem Löß ebenso viele unzugängliche Schluchten trennen. Gehen wir weiter in dem Hohlwege, so führt er vielleicht steil hinab oder hinauf, plötzlich endigen die Wände zu beiden Seiten, die Straße betritt einen engen Grat, auf dem wenig Raum außer für sie ist, und zu beiden Seiten gähnen gelbe Abgründe in endloser Verzweigung.

Millionen von Menschen wohnen in den Nordprovinzen Chinas in Höhlen, welche sie im Löß ausgegraben haben. Sie werden am Fuße der Lößwände, wo diese in die



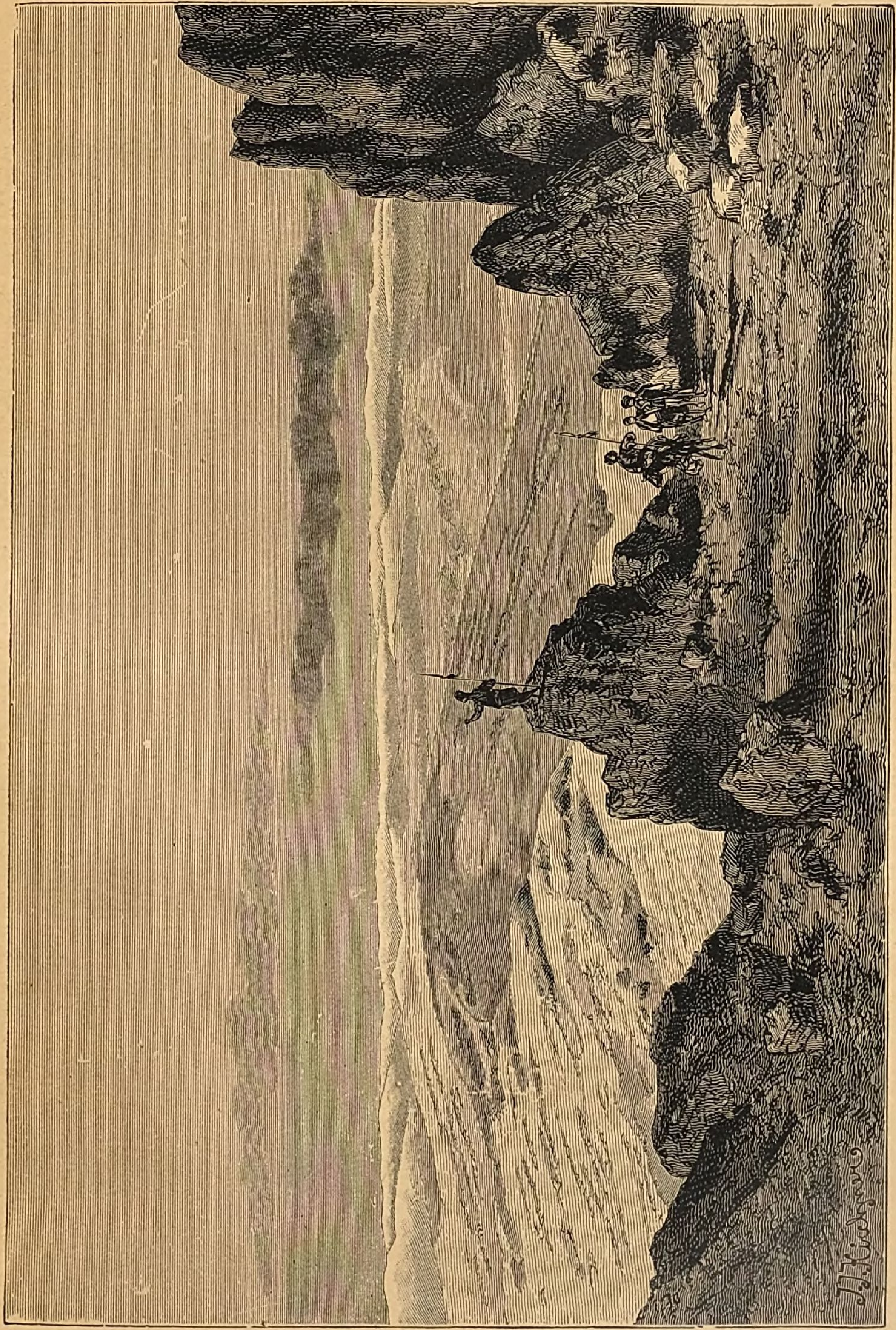
Afrikanische Steppenlandschaft.

Thäler oder auf die Abstufungen von Terrassen abfallen, angebracht. Die Erfahrung hat gelehrt, diejenigen Wände zu erkennen, welche größern Bestand haben. Die Höhlung wird vom Boden aus horizontal in den Löß hineingetrieben, so zwar, daß der Eingang die Größe der Thür hat und zu dessen Seiten, indem sich der Raum nach innen ausdehnt, Mauern von Löß stehen bleiben. Die meisten Wohnungen bestehen aus mehreren Räumen, von denen nur einer eine Thür hat, während von den andern nur Fenster durch die dünne Lößwand nach außen führen. Aus den zerreiblichen Mergelknauern wird ein Cement bereitet, mit welchem die innern Wände sowie die Seiten von Fenstern und Thüren ausgestrichen werden. Er sichert Festigkeit und Trockenheit und trägt zu dem behaglichen Charakter der Wohnungen bei. Manche derselben hat Jahrhunderte hindurch derselben Familie zum Wohnsitze gedient. An den Grenzen der Mongolei in großen Teilen von Tschili, Schansi und Schensi begegnet man täglich derartigen Ansiedlungen. Es kommt vor, daß man in einem fruchtbaren, reich angebauten Thalboden nicht ein einziges Haus sieht. Vergebens fragt man sich, wo die Bewohner, welche diese Arbeit verrichtet haben,

leben, bis man an die Lößwand herantritt, die das Thal seitlich begrenzt. Hier wimmelt es wie ein aufgestörter Bienenschwarm; überall strömen Menschen aus dem Innern der gelben Erdwände heraus."

Der Lößboden ist in hervorragender Weise zur Steppenbildung geeignet. Der Wind findet hier kein grobkörniges Material vor, das er über die Bodenfläche ausbreiten könnte, und wenn ein undurchlässiger Untergrund das Absickern des Meteorwassers verhindert, so kann sich die Ebene auch bei Mangel an fließendem (tellurischem) Wasser mit einem Pflanzenwuchse bedecken, der Schutz gegen das Abräumen des feinkörnigen Materials auf der Oberfläche gewährt. Bietet nun auch ein solcher Boden infolge ungenügender Bewässerung kein für den Anbau geeignetes Kulturland, oder fehlt es an der Bevölkerung, die diese Kulturarbeit übernehmen würde, so bildet sich der Charakter der Steppenlandschaft heraus, der je nach dem in der betreffenden Gegend herrschenden Klima und den Bewässerungsverhältnissen ein mehr oder weniger dürftiges Bild zeigt. Im Allgemeinen zeichnet sich die Steppe durch Mangel an Baumwuchs oder gleichmäßige Bedeckung mit Gräsern und Kräutern aus. Wenn in der heißen Jahreszeit Trockenheit herrscht, so gewinnt die Steppe während der Dauer derselben ein wüstenähnliches Aussehen; bilden sich durch Ausscheiden des Salzes aus verdunstendem Wasser Ablagerungen von krystallisiertem Salze, so gewinnt die Steppe den Charakter der Salzsteppe, die sich namentlich durch das Vorherrschen sogenannter Salzpflanzen, wie Milchkraut, Meersenf u. s. w. charakterisieren und in Mittelasien in ungeheurer Ausdehnung vorkommen. Bei teilweiser Geröllbedeckung nähert sich das Aussehen des Steppenlandes, das in diesem Falle als Steinsteppe bezeichnet wird, demjenigen der Wüste. Im Norden Europas, in den vom Eismeere begrenzten Küstenstrichen und ebenso in den entsprechend gelegenen Gebieten Asiens und Nordamerikas breiten sich die Tundren aus, Sumpfsteppen, auf denen neben Flechten und Moosen nur Ried- und Wollgras gedeiht, die aber nichtsdestoweniger mit reichen Wildbeständen bevölkert sind. Die grasreichen Haiden Norddeutschlands, die „Landes" im südwestlichen Frankreich, die Pusten Ungarns, die von den Kirgisen und Kalmücken bewohnten weitläufigen Steppen Rußlands, die Savannen oder Prairien des nördlichen und die Llanos und Pampas des südlichen Amerika, sowie die weit ausgedehnten Grassteppen Afrikas (vergl. die Abb. auf S. 327) bieten das eigentliche Steppenbild dar.

Wie die Steppe, so ist auch die Wüste zum guten Teil eine Schöpfung des Windes. Wir wissen bereits, daß dieser das feinere Material von den von ihm bestrichenen Flächen wegräumt und dadurch die härteren, von jenen bedeckten Gesteinsmassen bloßlegt, die dem Pflanzenwuchse keinen oder nur einen äußerst spärlichen Nährboden darbieten. Steigert sich der Wind zum Sturm, so vermag er auch gröberes Material fortzubewegen und selbst Schuttmassen, die auf abschüssigem Boden ruhen, zum Abrollen zu bringen. Auch die austrocknende Wirkung des Windes kommt bei der Wüstenbildung in Betracht. Wie Neumayr bemerkt, verdankt die Sahara ihre trostlose Beschaffenheit der Herrschaft nördlicher und nordöstlicher, vom Mittelmeere kommender Winde, die zwar viel Wasserdampf enthalten, diesen aber über dem heißen Festlande nicht zu verdichten vermögen, und in dem ausgedehnten Wüstengebiete Innerasiens sind es die hohen Gebirgswälle, die in den oberen Regionen alle Feuchtigkeit der Luft als Niederschlag aufnehmen, so daß diese völlig ausgetrocknet in die Niederung herabsteigen. Das Zusammenwirken aller dieser Umstände verhindert das Aufkommen einer Vegetation ganz oder teilweise, und in den aller Bedingungen zum Gedeihen des Pflanzenwuchses entbehrenden, vom Winde kahl abgefegten Gesteinsflächen zeigt sich uns das Bild der Felsen- oder Steinwüste, in den von Flugsand — in der Nähe der höheren Randgebirge auch von Schutt — bedeckten Flächen, dasjenige der Sandwüste, und dort, wo sich krystallisiertes Salz auf der Oberfläche angesammelt hat, finden wir die Salzwüste. Diese verschiedenen Wüstentypen können aber auch nebeneinander bestehen, wenn die Vorbedingungen zu ihrer Bildung vorhanden sind; dies ist namentlich in der Sahara der Fall, wo wir das ausgeprägte Bild der Steinwüste in der Hammada, die Sand- und Dünenwüste in großartigster, aber zugleich auch trostlosester



Die Sandwüste Nefud in Arabien.

Entwickelung in der sogenannten Areg-Region, und stellenweise auch reichliche Salzausblühungen finden. Unsere Abbildung zeigt die Sandwüste Nefud in Südarabien, die sich in einer Höhe von 900 m ü. M. ausbreitet und mit der Wüste Dehna (von den Eingeborenen auch „rote Wüste“ oder „leerer Raum“ genannt) zusammen ein Gebiet bedeckt, das mehr als ein Drittel der ganzen Halbinsel einnimmt. Der Sand liegt hier auf dem Urgestein, das den Untergrund Arabiens bildet, bis zu einer Mächtigkeit von 120 m und wird von dem herrschenden Ostwinde zu hohen langgestreckten Rücken aufgetürmt, die die Wüste in der Richtung von Norden nach Süden durchziehen. In den niedriger gelegenen Teilen dieses Wüstengebietes, das sich im Südosten bis nahe an das Meer heran erstreckt, herrscht eine für Europäer geradezu unerträgliche Temperatur, die auch des Nachts auf hohem Stande bleibt. Hitzegrade von 40° C. im Schatten sind hier durchaus nichts Ungewöhnliches.

Die ausgedehntesten Wüstengebiete befinden sich auf der östlichen Erdhalbkugel, der im Gegensatz zu der erst in neuerer Zeit entdeckten westlichen die Bezeichnung der „Alten Welt“ beigelegt wird. Vom Atlantischen bis zum Stillen Ocean zieht sich ein mit der Sahara beginnender und über Arabien und Syrien nach dem Iranischen Plateau fortschreitender Wüstengürtel hin, der jenseits des Indus seine Fortsetzung in der Wüste Tharr findet, andererseits aber im Norden Persiens an die Sandwüste von Turan sich anschließt, die nur durch das Pamirplateau von der durch die ganze Mongolei sich hinziehenden Wüste Han-hei (im östlichen Teile Gobi genannt) getrennt ist. Dieses Wüstengebiet umfaßt einen Flächenraum von $13^3/_4$ qkm, der denjenigen von ganz Europa um das $1^1/_2$fache übertrifft. Afrika hat außer der Sahara und Libyschen Wüste, die den größten Teil von Nordafrika ausfüllen, in seinem südlichen Teile noch die nördlich vom Kapland gelegene große Kalahari-Wüste aufzuweisen; im Innern des australischen Festlandes bestehen ebenfalls wasserlose Wüsten, deren Ausdehnung indes noch nicht bekannt ist. Auch in Amerika finden sich Wüstenstrecken im westlichen Küstengebiete Südamerikas (die Strandwüste von Atakama, die sich in einer Länge von 960 km zwischen dem Stillen Ocean und den Cordilleren hinzieht) im Becken des Großen Salzsees in Utah, auf der Halbinsel Kalifornien und nordöstlich von dieser in den von der südlichen Pacific- und der Texas- und Pacific-Bahn durchschnittenen Gebieten von Nevada, Arizona, Neu-Mexiko und Texas (Mohave- und Gila-Wüste und Llano Estacado), sowie in Mexiko (Bolson de Mapimi).

Weit größeren Einfluß auf die Oberflächengestaltung der Erde als der Luft muß indes dem Wasser zugeschrieben werden. Was dessen chemische Wirkung betrifft, so fällt sie im Ganzen mit derjenigen der Luft insofern zusammen, als es dieselben Elemente sind, die in beiden zur Wirkung gelangen. Dagegen vermag das Wasser durch Auslaugung bedeutend kräftiger zu wirken, als die atmosphärische Luft, und vor Allem sind es seine mechanischen Wirkungen, die an Leistungsfähigkeit diejenige der Luft bei weitem überbieten. Wir kommen hierauf im nächsten Kapitel ausführlicher zurück.

Fünftes Kapitel.

Das Wasser.

Wir haben bereits in einem früheren Abschnitte erfahren, wie die von dem berühmten und vielfach um die Wissenschaft verdienten Mineralogen G. A. Werner begründete Schule der Neptunisten alle Wandlungen der Erdoberfläche dem Wasser zuschrieb. In ähnlicher Weise, wie Cuvier seine Neuschöpfungen durch Katastrophen immer wieder zu Grunde gehen ließ, ließen die Neptunisten immer wieder neue Sintfluten eintreten, die das Festland in den verschiedenen Zeitaltern bedeckten und mit frischen Sedimentmassen überzogen. Diese Anschauungsweise war natürlich ebenso einseitig und übertrieben, wie diejenige der Vulkanisten oder Plutonisten; aber sie führte doch zur Erkenntnis der außerordentlich umfangreichen Einwirkung des Wassers auf die Umbildung der Erdrinde. Unser Planet verdankt dieser nicht nur die Herstellung des Materiales zum Ausbau seiner festen Hülle, sondern auch die Verarbeitung desselben zu neuen Gesteinsarten. Wir wollen zunächst die chemische Arbeit des Wassers ins Auge fassen und folgen dabei M. Neumayrs ebenso gediegener als gemeinverständlicher Darstellung der Erdgeschichte.

Eine Reihe gesteinbildender Mineralien löst sich in reinem Wasser sehr leicht auf. Dies gilt insbesondere vom Steinsalze und den verschiedenen ähnlich konstituierten Salzen. Ebenso wird Gips, wenn auch nicht so leicht, in großer Menge vom Wasser aufgelöst. Wo daher diese Materialien in großen Massen vorhanden und der Berührung cirkulierender Gewässer stark ausgesetzt sind, erreicht die Wegführung derselben einen sehr erheblichen Betrag; mächtige Hohlräume, „Gipsschlotten“, werden unterirdisch ausgelaugt und lassen die höher gelegenen Gesteine hinabbrechen. So kommt es, daß gips- und salzführende Gebirge sehr oft einen durch solche Vorgänge sehr stark gestörten und unregelmäßigen Bau zeigen. Der schwefelsaure Kalk tritt im Mineralreiche in zwei verschiedenen Ausbildungen auf: entweder wasserfrei als Anhydrit oder mit einem Wassergehalt von 21 Prozent als Gips. Der Anhydrit hat die Eigentümlichkeit, in Berührung mit Wasser solches aufzunehmen und sich in Gips umzuwandeln, wobei er eine sehr starke Aufblähung erleidet. Die meisten größeren Anhäufungen von schwefelsaurem Kalke in der Tiefe scheinen aus Anhydrit zu bestehen, und so kommt es, daß beim Zutritte von Wasser zunächst ein starkes Anschwellen der Masse und dann ein Substanzverlust durch Wegführung stattfindet. Weit geringer sind die Einwirkungen des reinen Wassers auf den Kalkstein, wenn es nicht Kohlensäure und in dieser ein Lösungsmittel für den Kalkstein absorbiert enthält. Zwar vermag das Wasser, auch wenn es Kohlensäure führt, weit weniger Kalk als Gips oder Steinsalz aufzunehmen; aber bei der sehr viel größeren Verbreitung des Kalkes in der Natur ist dennoch die Umgestaltung, welche durch Auflösung des Kalkes vor sich geht, eine sehr viel bedeutendere und wichtigere, wie denn auch in der großen Mehrzahl der Flüsse kohlensaurer Kalk unter den gelösten Substanzen die erste Rolle spielt.

Aber nicht nur auf den Kalkstein, auch auf eine sehr große Menge anderer Gesteine und Mineralien wirkt das mit Kohlensäure beladene Wasser lösend und zersetzend ein. Da Kieselsäureverbindungen, sogenannte Silikate, weitaus die größte Rolle in der Natur spielen, so ist das Verhalten diesen gegenüber vor allem von Bedeutung; namentlich die Kieselsäureverbindungen von Kalk, Eisenoxydul, Kali, Natron werden angegriffen und die Karbonate (Kohlensäureverbindungen) dieser letzteren Körper weggeführt. War in einem Minerale nur einer der eben genannten löslichen Stoffe oder waren mehrere von diesen an Kieselsäure gebunden, so wird das Endergebnis des Vorganges sein, daß die auslaugbaren Bestandteile gänzlich fortgeführt werden. Zwar ist auch die ausgeschiedene Kieselsäure einigermaßen im Wasser löslich, namentlich wenn dieses Kali oder Natron enthält; allein sehr häufig kann dieser Prozeß mit jenem der Auslaugung von Karbonaten nicht Schritt halten, und dann bleibt die Kieselsäure allein zurück.

Weit häufiger aber als diese Fälle ist das Verhältnis, daß außer den bisher genannten Stoffen auch solche in den Silikaten vorhanden sind, welche aus dieser Verbindung durch kohlensäurehaltige Wasser nicht oder nur sehr schwer und in verschwindender Menge abgeschieden werden. Es sind das unter den häufig in der Natur auftretenden Stoffen namentlich Thonerde und Magnesia. In den Silikaten werden die anderen Substanzen unter gleichzeitiger Aufnahme von Wasser aufgelöst, und es bleiben als die Endprodukte derartiger Zersetzung wasserhaltige Thonerde-Silikate, wie Thon, Porzellanerde, oder Magnesia-Silikate, wie Serpentin, Talg und Speckstein zurück.

Auf diese Weise werden ungeheure Mengen feldspathaltiger Gesteine zersetzt und der Rückstand, die Porzellanerde oder das „Kaolin", häufig in großen Mengen zusammengeschwemmt. So bilden sich die Lager jenes Stoffes, welche das Material zur Porzellanbereitung liefern. Geht die Zersetzung nicht vollständig vor sich und ist das Endprodukt ein unreines, so entsteht der gewöhnliche Thon. Die häufigsten und verbreitetsten Mineralien liefern thonige Zersetzungsprodukte. Außerdem bleibt der Quarz, ein überaus wichtiger Gemengteil zahlreicher Felsarten, fast unberührt durch die chemische Einwirkung; er liefert nach Zerstörung der übrigen Gemengteile Sand, und so bilden in letzterer Linie Thon und Sand die Hauptprodukte der lösenden Thätigkeit des Wassers, es resultieren diese beiden Körper, welche in der Zusammensetzung der meisten Schichtsysteme eine so große Rolle spielen.

Ein Teil der vom Wasser gelösten Stoffe macht dessen Wanderungen bis zum Oceane mit und vermehrt dessen Salzgehalt; aber dies thut nicht die gesamte Menge der aufgelösten Substanzen, sondern ein ansehnlicher Teil derselben wird unterwegs während der Cirkulation des Wassers im Gesteine wieder in fester Form ausgeschieden. Bei diesen Vorgängen ist es von Wichtigkeit, daß die verschiedenen Substanzen sich bei der Ausscheidung infolge von Molekularanziehung mit Vorliebe um oder an schon vorhandene feste Partien von derselben chemischen Zusammensetzung lagern. Es erfolgt daher sehr häufig auf diesem Wege eine Konzentrierung einzelner Bestandteile, indem die vom Wasser aufgelösten Mengen derselben um gewisse Mittelpunkte sich wieder abscheiden und die mannigfaltigsten Formen annehmen. Bisweilen sind diese Gebilde im Innern hohl*), wenn die ursprünglich aufgequollene Masse einem Schrumpfungs- oder Austrocknungsprozesse ausgesetzt war; es kann sogar innerhalb einer solchen Hohlkugel sich wieder ein fester Kern, eine kleinere Kugel befinden, die man dann beim Schütteln im Innern klappern hört. Solche „Klappersteine" haben in früherer Zeit großes Interesse erregt, ebenso wie gewisse auffällig geformte Konkretionen, die man an manchen Punkten findet. Wichtig sind sie jedoch nur insofern, als das Auftreten einzelner unter ihnen für gewisse geologische Horizonte oder Bildungen sehr charakteristisch ist, wie beispielsweise die im vorigen Kapitel erwähnten Lößmännchen.

Andere Verhältnisse finden sich da, wo in einem Gesteine Hohlräume vorhanden sind, welche mit auskrystallisierenden oder amorph (formlos) aus der wässerigen Lösung sich ausscheidenden Mineralien ganz oder zum Teil ausgefüllt werden. Solche Höhlungen, deren Wände von allen Seiten mit Krystallen bekleidet sind, die mit ihren wohlausgebildeten Enden in das nicht ganz ausgefüllte Innere hineinragen, werden als Drusen bezeichnet. Als eine spezielle Art dieser Hohlräume sind die sogenannten Mandeln zu nennen, welche sich in Gesteinen vulkanischen Ursprunges finden. Dieselben sind in der Regel durch Dampfblasen gebildet, die sich in der geschmolzenen Masse beim Erstarren gebildet haben und ihr einen schlappigen Charakter verleihen. Die Ausfüllung der Hohlräume in diesen „Mandelgesteinen" ist sehr verschiedener Natur; am verbreitetsten sind

*) Der Volksglaube schreibt diesen Hohlgebilden Zauber- und Heilkräfte zu und will wissen, daß sie von den Adlern mit Vorliebe in ihre Nester getragen werden, weshalb sie auch „Adlersteine" genannt werden. Besonders schöne Exemplare findet man in Priesen bei Aussig in Böhmen.

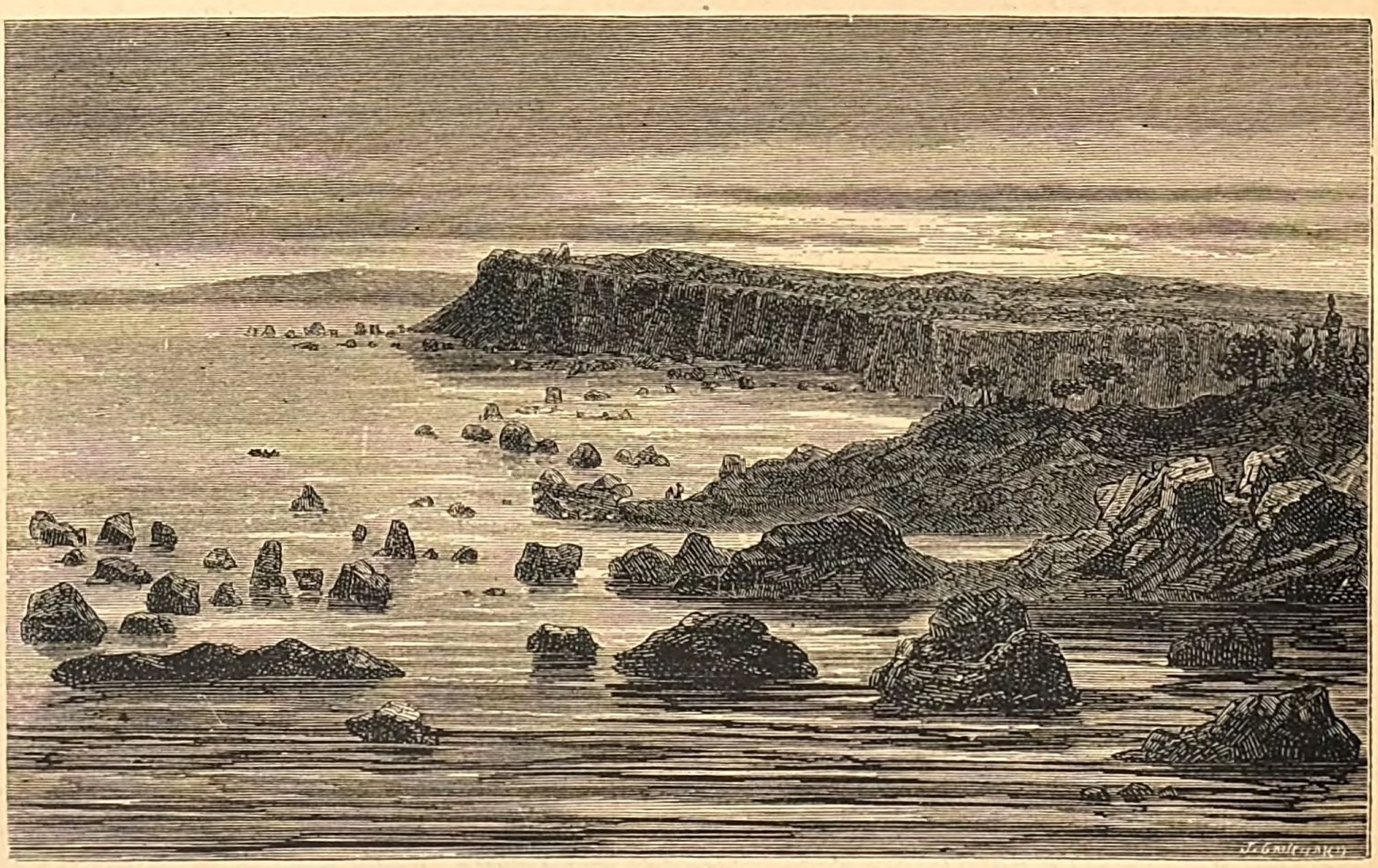
wasserhaltige Silikate, ferner Kalkspat und verschiedene andere Mineralien. Besonders hervorzuheben sind die oft prachtvoll gebänderten oder marmorierten Achatmandeln.

Wichtiger sind jene Ausscheidungen, welche auf den sogenannten Gangspalten stattfinden. Jene Spalten, an welchen die großen Massenverschiebungen der Erdrinde vor sich gehen, sind zwar in vielen Fällen so beschaffen, daß die beiden Wände der Kluft unmittelbar aneinander anliegen und sich berühren; sehr oft aber bildet sich eine klaffende Spalte, die dann früher oder später ausgefüllt wird. Es bilden sich sogenannte „Gänge". Entweder geschieht dies von unten durch aufsteigende Massen von geschmolzenen Eruptivgesteinen, wobei sich dann Gesteinsgänge bilden, wie sie noch heute an den Vulkanen fast bei jedem Ausbruche neu entstehen. In anderen, allerdings weit seltenern Fällen findet eine Ausfüllung von oben her durch eingeschwemmte feste Teile, Thon, Sand oder Gerölle, statt, denen oft auch Holzstücke, Zähne und Knochen von Tieren oder Schneckengehäuse beigemengt sind. Eine dritte Art der Ausfüllung ist diejenige durch Ausscheidung und Auskrystallisierung aus wässeriger Lösung. Eine vierte Art der Gangbildung hat ihren Ursprung darin, daß dampfförmige Produkte der Vulkane sich an den Wänden von Spalten verdichten.

Während bei den von unten durch eruptive Thätigkeit gebildeten Gangmassen, bei den Gesteinsgängen, die Ausfüllung aus den verschiedensten Massengesteinen, aus Granit, Porphyr, Basalt, Trachyt und wie sie alle heißen, bis herauf zu den modernen Laven besteht, verhalten sich die Mineralgänge in ganz anderer Weise. Hier sind Quarz, Kalkspat, Schwerspat, Flußspat die häufigsten Vorkommnisse, zu denen sich, abgesehen von einer Menge minder wichtiger Mineralien, noch als ein sehr häufig wiederkehrender Bestandteil die verschiedensten Erze gesellen. Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Zink, Eisen u. a. treten bald gediegen (rein), bald in den verschiedensten chemischen Verbindungen auf, und ein sehr großer Teil alles dessen, was von diesen Metallen zu Tage gefördert wird, stammt aus Gängen. Bisweilen besteht der ganze Gang aus einer gleichmäßigen Mineralmasse, aus Quarz, Kalkspat, Schwerspat 2c. In anderen Fällen sind verschiedenartige Mineralien regellos miteinander gemengt. Eine dritte Art des Vorkommens ist diejenige, wobei dem herrschenden Gangmineral (oder mehreren derselben) andere in geringerer Menge eingesprengt sind. Es giebt aber auch symmetrisch angeordnete Gänge, welche in der Weise ausgefüllt werden, daß die einzelnen Mineralien oder Mineralkombinationen einander entsprechende Lagen längs der beiden Seitenwände der Gangspalte bilden. Man erkennt an der Reihenfolge dieser Lagen die Geschichte des Ganges selbst; nach Bildung der Spalte bildete sich beispielsweise zuerst an beiden Wänden eine Lage von derben Erzen, dann hörte die Zufuhr von Metallen zeitweilig auf, kieselsäure Lösung trat ein, und aus dieser schied sich eine Lage von weißem Quarz aus, während die in der Mitte gelegene Hauptgangsmasse zuletzt entstand und den in der Mitte vorhandenen hohlen Raum ausfüllte. Natürlich finden solche Ablagerungen an beiden Wänden der Spalte statt. Oft sind aber die Lagen an beiden Wänden nicht gleich entwickelt, oder es tritt der Fall ein, daß die normale symmetrische Reihenfolge zerstört und unterbrochen ist und Mineralbildungen sich einstellen, die unter sich wieder symmetrisch liegen. Diese letzteren Vorkommnisse zeigen uns dann eine verwickelte Geschichte des Ganges: Zuerst bildete sich eine Spalte und wurde ganz normal von Mineral- und Erzausscheidungen ausgefüllt; nachdem dieser Prozeß vollendet, die Kluft ausgefüllt und vernarbt war, wiederholten sich dieselben tektonischen Erscheinungen, welche deren erste Entstehung bedingt hatte, die alte Spalte riß wieder auf wie eine unvollkommen verheilte Wunde und wurde nun wieder durch Erze verschlossen, welche wir in jener unregelmäßig in die normale Reihenfolge eingeschobenen Lage finden. Oft sind auch Stücke des einschließenden Nebengesteins in die Spalte hineingefallen. Dieselben sind unter Umständen in so großer Menge vorhanden, daß die ganze Gangmasse Breccienstruktur*) annimmt, wobei die Mineralien und Erze das Bindemittel zwischen den einzelnen Gesteinstrümmern bilden, um welche sie bisweilen sehr schön in konzentrischen Lagen angeordnet sind (sogenannte Ringelerze).

*) Breccie ital. s. v. w. kantige Bruchstücke.

Eine der wichtigsten Formen, in denen die chemische Einwirkung des Wassers auf die Erdoberfläche zur Geltung kommt, ist diejenige der **Verwitterung**. Wir haben derselben bereits im vorhergegangenen Kapitel Erwähnung gethan und den Anteil hervorgehoben, den die Luft daran hat. Nach dem Vorhergesagten ist auch hier der Anteil des Wassers der bedeutendere, zumal da er noch verstärkt wird durch die Eigenschaft des Wassers, sich beim Gefrieren auszudehnen. Ist das Gestein an seiner Oberfläche durch chemische Zersetzung in seinem Zusammenhange gelockert, und durch die mechanische Einwirkung des Windes, der Niederschläge, des Sandschliffes gefurcht und zerrissen, so dringt das Wasser in die Zwischenräume ein und findet nun hier neue Angriffspunkte für die chemische Zersetzung. Die Risse erweitern sich, die Pflanzen senken ihre Wurzeln in die feinen Risse und diese wachsen darin und wirken gleichsam als Keile auf die Erweiterung derselben. Wenn nun diese Risse durch schmelzenden Schnee oder tauenden Regen mit Wasser gefüllt



Erratische Blöcke im St. Lorenzstrom.

werden und es tritt Frost ein, so wirkt das sich ausdehnende Eis ebenfalls keilförmig, jedoch in viel umfassenderer Weise als die Pflanzenwurzeln, weil es gleichmäßig in das ganze Netz von Rissen eintritt, die einzelnen durch diese getrennten Teile der Gesteinsmassen ringsum angreift und auseinander drängt, so daß eine ausgedehnte Sprengarbeit eintritt. Je weiter das Zerstörungswerk nun vorschreitet, desto mehr wächst die Angriffsfläche und desto umfangreicher werden die Spalten und Risse. Während die kleineren Pflanzen mit ihren Wurzeln zwar an vielen Punkten zugleich, aber doch nur in sehr oberflächlicher Weise auf die Zerkleinerung der Gesteinsmasse einwirken können, senken die Bäume ihre mächtigen Pfahlwurzeln in die durch die Thätigkeit des Wassers und Eises vorbereiteten Gänge und vermögen nun selbst große Felsstücke in ihrer Lage zu verändern und in ihrem Zusammenhange mit dem anstoßenden Gestein zu lockern. Neue Wege für das Eindringen des Wassers werden auf solche Weise gebahnt und weit ausgiebigere Angriffspunkte für dessen chemische und mechanische Einwirkung, wie für die Sprengwirkung des Eises geboten. Auf diese Weise entstehen große Massen von Abbruchmaterial, die entweder an Ort und Stelle liegen bleiben und allmählich vom Wasser vollständig ausgelaugt werden, so daß nur Thon und

Sand als die wesentlichsten Rückstände übrig bleiben, oder dieses Bruchmaterial wird vom rinnenden Wasser weggeschwemmt und in die Tiefe geführt, wo es in die Ströme und bis an das Meer gelangt. Aus dem Hochgebirge werden die durch Verwitterung oder Sprengung vom Felsmassiv losgetrennten Trümmer teils durch Wildbäche, teils durch die in stetiger, wenn auch langsamer Bewegung begriffenen Gletscher thalabwärts befördert, und in den kälteren Gegenden, wo letztere mitunter bis an das Meer herabreichen und die von ihrer Stirnseite abbröckelnden Eismassen in dieses abladen, werden oft gewaltige Trümmer solches vom Gebirge herabgebrachten Gesteines auf schwimmenden Eisschollen in die offene See hinaus getragen und von der Strömung weit weg geführt, bis endlich die Scholle, auf der sie ruhen, schmilzt und ihre Last in die Tiefe sinken läßt. In einem früheren Zeitabschnitt der Erdgeschichte, auf den wir später noch zu sprechen kommen werden, hatte, wie schon an anderer Stelle erwähnt, die Vergletscherung einen weit größeren Umfang erreicht, als dies heute der Fall ist, und zu jener Zeit war auch die Gruppierung von Land und Meer eine andere als jetzt. In jener Zeit beförderten die schwimmenden Eisschollen solche Felsblöcke, die wir als „Findlinge“ oder erratische Blöcke bezeichnen, noch auf weit größere Entfernungen, als heute, und der Meeresgrund, auf welchen sie niedersanken, wurde durch eine spätere Hebung in Festland verwandelt, so daß sich beispielsweise in den Niederungen Norddeutschlands erratische Blöcke vorfinden, die aus dem Gebirge Skandinaviens stammen. Es kommt aber auch vor, daß durch Stauung der Eismassen in den nordischen Strömen zur Zeit des Auftauens gewaltige „Eisgänge“ stattfinden, durch deren wuchtigen Anprall gegen die Ufer Felsstücke von diesen losgebrochen und mit fortgeführt werden, um schließlich im Strombette abgelagert zu werden. Solche Ablagerungen findet man beispielsweise im St. Lorenzstrome in Nord-Amerika, wo fast in jedem Winter neue Anhäufungen von solchen stattfinden. An einer solchen Stelle des genannten Stromes, die wir hier auf S. 334 im Bilde bringen, fand sich neben zahlreichen anderen auf diese Weise dahin geratenen Blöcken ein solcher von 70 Tons (70 000 kg) Gewicht vor.

Zerfällt ein Felsblock in kleinere Teile, so bilden diese eine Anhäufung von Trümmern, die sich teils gegenseitig, teils an dem Grunde, über welchen sie hinrollen, abschleifen und abrunden und die man als Gerölle bezeichnet, während man unter Geschiebe eine Anhäufung von mehr platt abgeschliffenen Gesteinstrümmern versteht; bei weiterer Zerkleinerung entsteht Grus und Sand. War an der Zerkleinerung hauptsächlich die Verwitterung beteiligt, so faßt man ihre Produkte unter der Bezeichnung „Verwitterungsschutt“ zusammen. Hat das auf solche Weise entstandene Material seine ursprüngliche Zusammensetzung beibehalten, so wird es als Gesteinsschutt bezeichnet, ist es dagegen im Verlaufe der Verwitterung chemisch zersetzt worden, so daß sich nur noch die Mineralbestandteile der Gesteinsart darin vorfinden, der es ursprünglich angehört hat, so wird es Mineralschutt genannt. Dieser letztere bildet den Uebergang zur Erdkrume, die ausschließlich als ein chemisches Produkt anzusehen ist. Die aus der Verwitterung hervorgegangenen Mineralien gehen oft neue Verbindungen ein oder wandeln sich unter dem Einflusse anderer Naturkräfte um, so daß der Neugestaltung keine Grenzen gesetzt sind. Auf unbebautem Boden findet sich in der Regel der in Erdkrume umgewandelte Mineralschutt mit Gesteinsschutt untersetzt vor, und ein so beschaffener Boden wird Mineral- oder Rohboden genannt; besteht dagegen die Krume aus einem Gemenge von mineralischen und pflanzlichen Verwitterungsprodukten, so nennt man sie Kulturboden oder Humus.

Anhäufungen von Gerölle bilden im Meere ganz nahe an der Stelle, wo sie in dasselbe gelangt sind, Bänke, weil die Bewegung des Meerwassers nicht hinreicht, um jenes weiter zu schaffen. Lagern sich dann über demselben thonige, kalkige oder kieselige Substanzen ab, die ein gutes Bindemittel geben, so wird damit die ganze Anhäufung solcher Gerölle zu einem festen Ganzen verkittet, und es entsteht ein sogenanntes Konglomerat. Solche Konglomeratbänke bilden sich auch im süßen Wasser und werden, wo sie mit Sandstein abwechselnd vorkommen, als eine besondere Formationsgruppe bezeichnet, die den

Namen Molasse erhalten hat. Man findet sie längs des ganzen nördlichen Alpenrandes und ihre Entstehung fällt in jenes Zeitalter, das wir als Tertiärzeit noch näher kennen lernen werden. Das in dieser Schichtenfolge vorkommende grobe Konglomerat hat in der Schweiz die bezeichnende Benennung Nagelfluh erhalten, denn in der That sehen Wände, an denen, wie z. B. am Rigi, dasselbe zu tage tritt, so aus, als wären sie mit großen steinernen Nagelköpfen über und über bedeckt.

Der aus eckigen, in gleicher Weise zusammengekitteten Stücken bestehenden Breccie ist bereits oben gedacht worden.

Bedeutende Ablagerungen bildet auch der Sand in der Nähe der Küsten, von denen er sich nur wenig infolge der unzureichenden Bewegung des Meerwassers entfernen kann. Diese Ablagerungen werden ebenfalls durch verschiedene Bindemittel, wie Thon, Kalk und Silikate, zu Gesteinsmassen verkittet, die als Sandstein bekannt sind. Der in das Meer abgeführte Thonschlamm bildet das Material zu dem plastischen Thon, der namentlich in jüngeren Ablagerungsschichten vielfach gefunden wird. Da der Thonschlamm in den oberen, lebhafter bewegten Schichten des Meerwassers sich längere Zeit aufgelöst erhalten kann, so wird er von diesen auch etwas weiter von den Küsten fortgetragen als Sand oder Geröll; doch bringt er in der Regel nicht weiter als 40 Meilen gegen die Mitte der Meeresbecken vor und seine Ablagerungen bilden daher um das feste Land, von welchem sie herrühren, verhältnismäßig schmale Gürtel. Durch den Druck der über solchen Thonablagerungen ruhenden Wassermassen nehmen dieselben teilweise die Struktur von Schiefer an und werden unter Ausbildung mikroskopisch kleiner Krystalle zu Schieferthon oder dem vollkommener entwickelten Thonschiefer umgewandelt. Die Eigentümlichkeit des Schiefers, der sich auch noch aus verschiedenen anderen Materialien bildet, besteht darin, daß er in dünne ebene Platten sich spaltet, und diese Eigentümlichkeit besitzt der Thonschiefer in hohem Maße. Seine Verwendung zur Fabrikation von Schreibtafeln und Griffeln sowie von Dachsteinen ist bekannt. Man findet ihn in den ältesten Gesteinsschichten ebensowohl wie in den jüngeren, und als der für Fabrikationszwecke am besten geeignete gilt derjenige von Glarus, dessen Bildung in die früheste Tertiärzeit zurückfällt.

Der Kalkschlamm, den die fließenden Wasser aufnehmen und mit fortführen, löst sich meistens schon im unteren Laufe der Flüsse auf; gelangen Reste desselben ins Meer, so werden sie vom Seewasser aufgelöst. Immerhin kann es vorkommen, daß Kalkschlamm auch auf dem Meeresgrunde abgelagert wird und hier zu Kalkstein erhärtet. Dieser Fall ist unter der Bedingung denkbar, daß ein in seiner ganzen Ausdehnung ein sehr kalkreiches Gebiet durchlaufender Fluß in eine kleinere, von der offenen See gut abgeschlossenen Bucht mündet, deren Wasser nicht die ganze Masse des ihr zugeführten Kalkschlammes auflösen kann, so daß der Ueberschuß sich auf ihrem Boden dauernd absetzen kann. Man nimmt an, daß der zur Herstellung von Steinplatten für die Lithographie benutzte Kalkstein von Solnhofen in Mittelfranken auf solche Weise entstanden sei. Viel häufiger dürften sich aber solche Bildungen in den seichteren Becken der Süßwasserseen vollziehen, die nur eine beschränkte Wassermenge enthalten und in denen sich der nicht aufgelöste Kalk als kreideartiger feiner Niederschlag absetzt.

Die mineralischen Ablagerungen auf dem Meeresgrunde, die zu den wichtigsten Bildungsformen der Erdoberfläche zählen, sind zunächst, wie wir aus dem Obigen ersehen, auf mechanische Wirkungen des Wassers zurückzuführen. Wohl sehen wir dieses auch an dem chemischen Umwandlungsprozeß, aus dem sie ursprünglich hervorgegangen sind, in hohem Maße beteiligt, aber seine mechanischen Kräfte waren es, die sie dem Meere zuführten, und nur in verschwindend kleinem Maße finden hier auch Ablagerungen statt, die durch unmittelbare Auskrystallisierung aus dem Wasser und chemische Ausscheidung entstanden sind. Aber die mechanische Thätigkeit des Wassers beschränkt sich keineswegs auf die Zerkleinerung und Fortschaffung des durch Verwitterung entstandenen Minerales, sondern zeigt

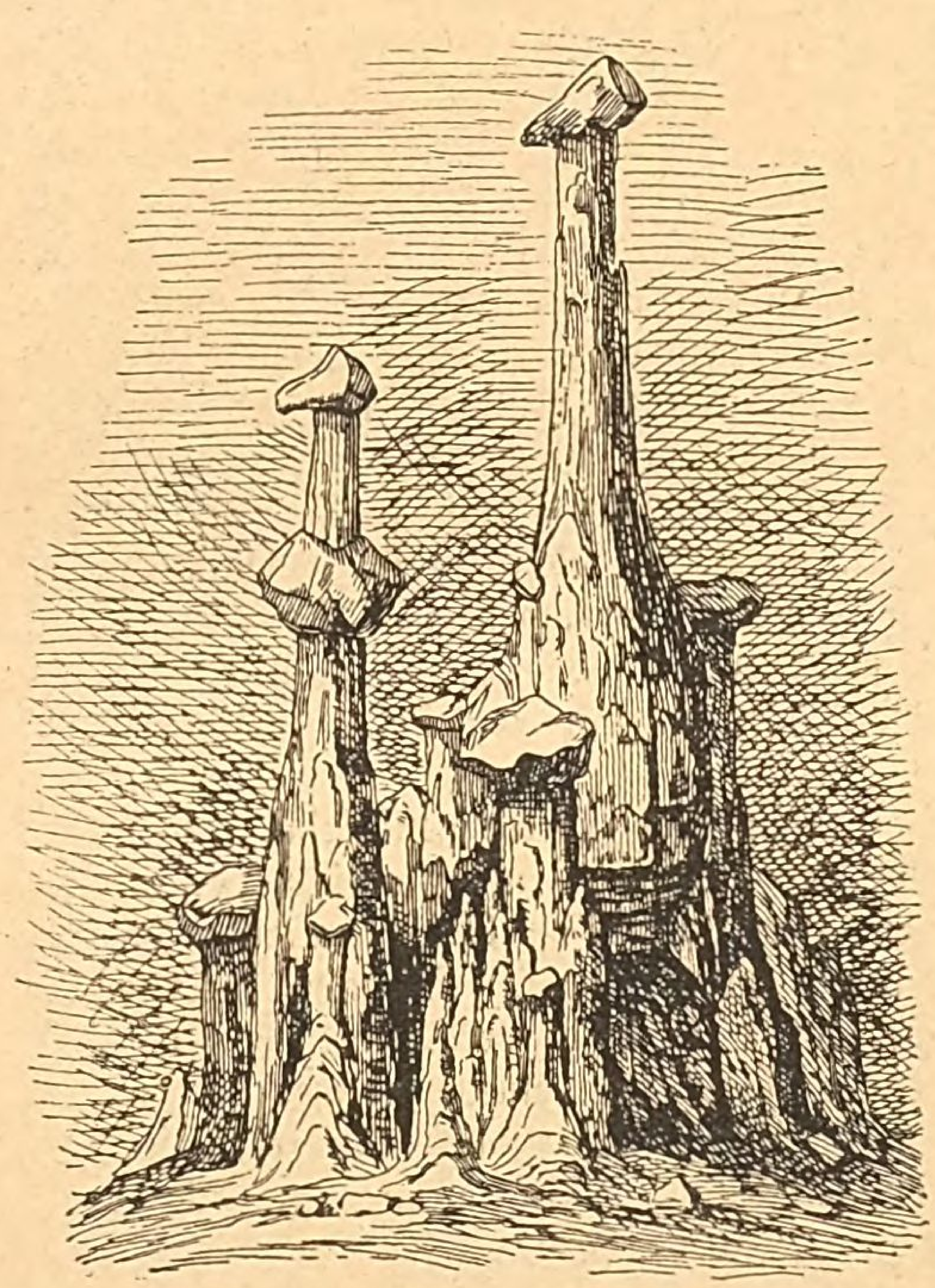
sich noch viel wirksamer in den zerstörenden Leistungen, die es in großem Maßstabe vollbringt. Neumayr schildert diese Art der Wasserwirkung, die man unter der Bezeichnung „Erosion“ zusammenfaßt, in folgender (hier abgekürzter) Weise:

„Das Wasser fällt in Regentropfen zur Erde nieder, diese fließen, soweit sie nicht verdunsten oder in die Tiefe sickern, an der Oberfläche ab, sie sammeln sich zu kleinen Wasserfäden, diese zu Bächen; die Vereinigung der letztern bildet Flüsse und Ströme, welche sich endlich in Seen oder ins Meer ergießen. Das Wasser folgt dabei einfach dem Zuge der Schwere, es fließt nach abwärts. Dabei übt es auf lose, wenig widerstandskräftige Massen eine nicht unansehnliche Wirkung: loser Sand, Lehm, plastische Thone werden unmittelbar ausgefurcht und weggeführt: auf harte, feste Felsgesteine aber wirkt das fließende Wasser an und für sich nur sehr wenig zerstörend ein. Hier jedoch arbeitet die Verwitterung vor, sie verwandelt die Oberfläche in Schutt und Grus; diese Teile werden weggeschwemmt und verleihen ihrerseits dem rinnenden Wasser selbst in hohem Grade die Fähigkeit, auch die festesten Gesteine mechanisch zu zerstören und zu erodieren. Jedes Sandkorn, jedes Geröll, das von einem Fluß oder Bache über das anstehende Gestein fortgetrieben wird, reibt und wetzt an dessen Oberfläche, und so sägt das Wasser mit Hilfe dieser Partikeln, die es mitführt, unablässig in die Tiefe, so lange die Kraft der Strömung genügend ist, um das gesamte feste Material fortzuwälzen. Wo aber infolge von Abnahme des Gefälles der Fluß dies nicht mehr vermag, da hört er auf, seine Unterlage zu erodieren, er setzt nun im Gegenteile die bisher mitgeführten Teile, Geröll, Sand, Schlamm ab; er wirkt ablagernd.

Natürlich greift das Wasser mit seinen mechanischen Wirkungen leicht zerstörbare Gesteine in viel energischerer Weise an als widerstandskräftige, und indem die erstern abgeschwemmt und fortgeführt, die letztern dagegen verhältnismäßig länger erhalten bleiben, werden unter Umständen eigentümliche Erscheinungen hervorgerufen. Oft auch arbeiten an deren Zustandekommen chemische und mechanische Kräfte so innig verbunden, daß es nicht immer möglich ist, genau zu unterscheiden, welcher Anteil dem einen, welcher dem andern Faktor zugeschrieben werden solle. Eine rein mechanische Wirkung des Wassers, die trotz der äußersten Einfachheit des Vorganges doch die seltsamsten Terrainformen mit sich bringt, ist die Bildung der sogenannten Erdpyramiden oder Erdpfeiler.

Von besonderer Schönheit sind diejenigen, die auf dem Ritten bei Bozen beobachtet worden sind. In den Thälern des Katzenbaches und des Finsterbaches sieht man Hunderte von schlanken, meist nach allen Seiten frei stehenden Pfeilern, die aus einem ziemlich festen rötlichen Thone bestehen und auf ihren Spitzen meist je einen großen Steinblock tragen. Die Höhe dieser seltsamen Gebilde steigt bis zu 30 m an, an der Basis haben sie meist steil pyramidale, oben schlank kugelförmige Gestalt. Die Entstehung dieser vielbewunderten „Mandeln“, denen namentlich Lyell große Aufmerksamkeit geschenkt hat, ist eine sehr einfache; ein Blick auf die Gehänge des Thales zeigt, daß diese aus genau demselben rötlichen Thone bestehen wie die „Mandeln“, und daß diesem in bedeutender Menge ganz unregelmäßig Steine und große Blöcke beigemengt sind. Die ganze Anordnung und Lagerung sowie der Umstand, daß die Steine größtenteils poliert und geritzt sind, läßt die ganze Bildung als eine aus der Eiszeit stammende Gletschermoräne erkennen. In dieses Material haben die Bäche ursprünglich ganz schmale tiefe Kanäle eingegraben, deren Erweiterung und sanftere Böschung der Wirkung des von den Wänden ablaufenden Regenwassers zuzuschreiben ist, welches den Thon allmählich wegschwemmte. Dabei bildeten nun auf der Oberfläche liegende oder im Laufe der Denudation allmählich aus der umhüllenden Masse hervortretende größere Blöcke ein schützendes Dach für die ihnen unmittelbar zur Unterlage dienenden Teile des Thones; diese bleiben als Pfeiler stehen, während die ganze Umgebung ausgewaschen wird, und so ruhen diese großen Porphyr- und Granittrümmer durch die Jahrtausende andauernde Einwirkung des Regenwassers endlich auf mitunter turmhohen Säulen, deren Seiten durch die kleinern, der Masse eingelagerten Steine eine eigentümliche Kannelierung erhalten.

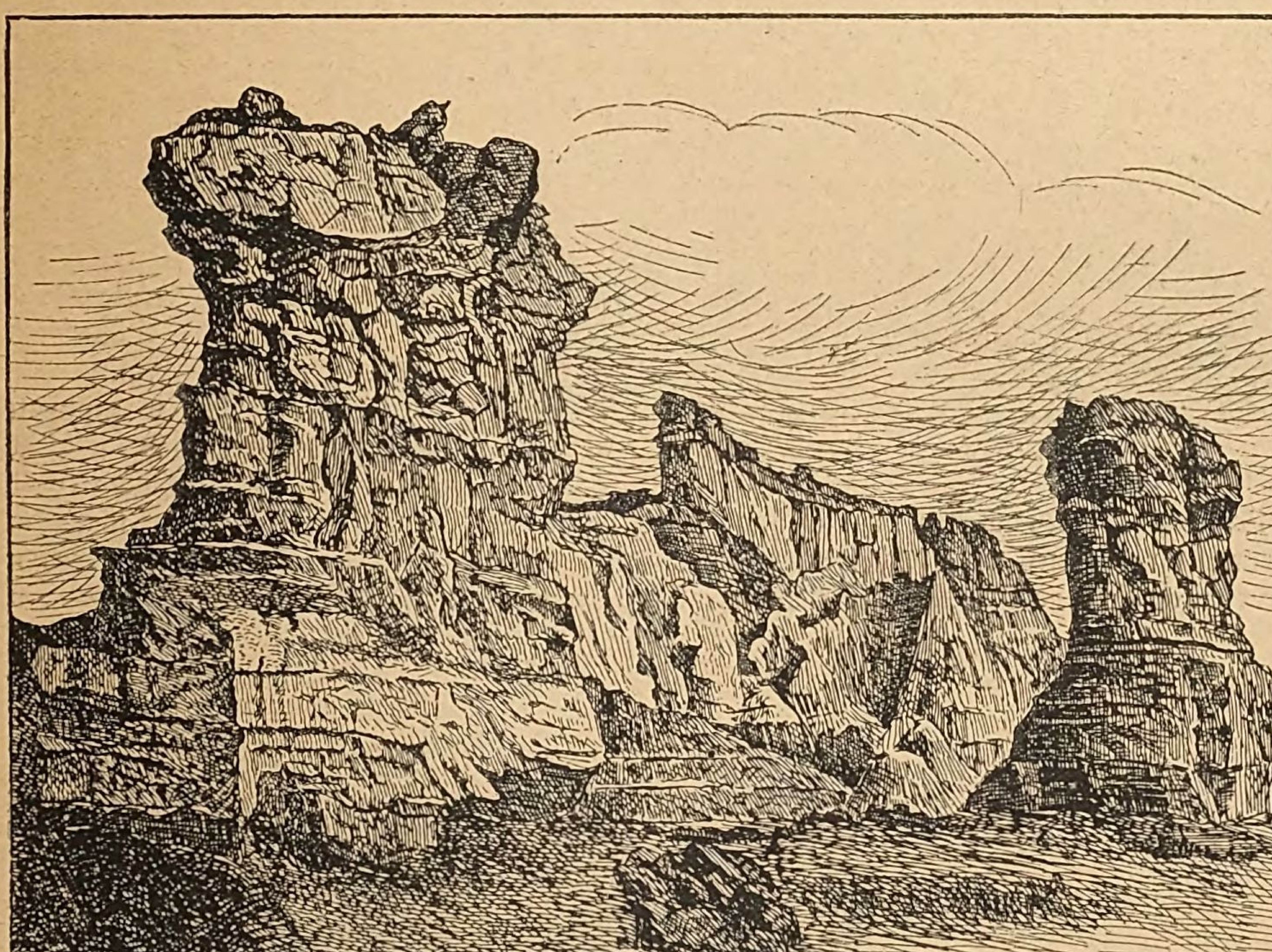
Da derselbe Blocklehm in den Alpen viel verbreitet ist, so kehren auch Erdpfeiler an vielen Punkten wieder, und namentlich diejenigen einiger Lokalitäten im Kanton Wallis in der Schweiz werden ihrer Schönheit wegen gerühmt. Auch anderwärts treten unter ähnlichen Verhältnissen ähnliche Bildungen auf; dieselben sind nicht auf glacialen Blocklehm beschränkt, sondern es bedarf nur irgend eines unter günstigen Terrain- und Niederschlags-verhältnissen vorkommenden, verhältnismäßig leicht zerstörbaren, hinreichend mächtigen Materiales, dem unregelmäßig grobe Blöcke eingestreut sind, eine Bedingung, wie sie z. B. auch bei zarten vulkanischen Tuffen mit beigemischten großen Auswürflingen geboten erscheint. Unsere Abbildung zeigt einen solchen Erdpfeiler aus vulkanischem Tuff, der sich in Colorado im westlichen Nordamerika vorgefunden hat. Die Erzeugung solcher phantastischen Formen ist aber nicht nur auf diese Fälle beschränkt, sondern sie ist sehr allgemein verbreitet, wo einzelne Partien eines Gesteins durch größere Widerstandsfähigkeit ihrer Umgebung gegenüber ausgezeichnet sind. Säulen, Nadeln, Obelisken, pilzförmige Gebilde, kurz eine Menge der bizarrsten Formen wittern auf diese Weise aus ihrer Umgebung hervor. Oft haben sie ganz riesige Dimensionen, wie z. B. die „Kathedralenklippe" in Colorado im westlichen Nordamerika, während sie in andern Fällen nur eine sehr bescheidene Größe erreichen. Im Allgemeinen sind jedoch solche Erscheinungen in trocknen und regenarmen Gegenden häufiger als in feuchten, und ganz besonders ist jene gewaltige Einsenkung, welche in Nordamerika zwischen der Sierra Nevada und den Rocky Mountains liegt, durch die Menge solcher Felsgebiete ausgezeichnet; ein Strich hat infolge der gewaltigen Zahl derselben den Namen des „Monumentenparkes" erhalten. Unsere Abbildung auf S. 339 giebt ein interessantes Beispiel von derartigen Erosionsgebilden aus Wyoming.



Erdpfeiler aus vulkanischem Tuff.

So auffallend und seltsam solche Verwitterungsformen erscheinen mögen, so sind es doch immer sehr einfache Vorgänge, durch welche dieselben bedingt werden; die wirksame Ursache ist das dem Zuge der Schwere folgende Wasser, welches auf seinem Wege feste Bestandteile mitreißt oder durch Unterwaschung zum Sturze in die Tiefe bringt. Die Stärke dieser Wirkung ist, abgesehen von der Menge des Wassers, abhängig von dem Gefälle desselben und von der Beschaffenheit des Materials, an dessen Abtragung es wirkt. In den Hochregionen ist die Zerstörung eine überaus große, und im innigsten Zusammenhange beteiligen sich die verschiedensten Faktoren an derselben. Wenn man in den Alpen in schroffem, vegetationsarmem Gebiete herumstreift, hört man durch die Stille das klappernde, jeden Augenblick sich erneuernde Geräusch abstürzender Felstrümmer. Die fortschreitende Zerklüftung des Gesteins, in Verbindung mit der lockernden Thätigkeit des Regenwassers, versetzt allmählich ansehnliche Massen in einen Zustand, daß der geringste Anstoß sie zu Falle bringt. Von der Bahn, die ein flüchtiges Rudel Gemsen in wilden Sätzen durcheilt, gehen ganze Trümmerströme ab; an manchen üblen Felsgehängen findet man kaum einen Zacken, welcher der Hand Halt genug bietet, um die Last des Körpers nachzuziehen,

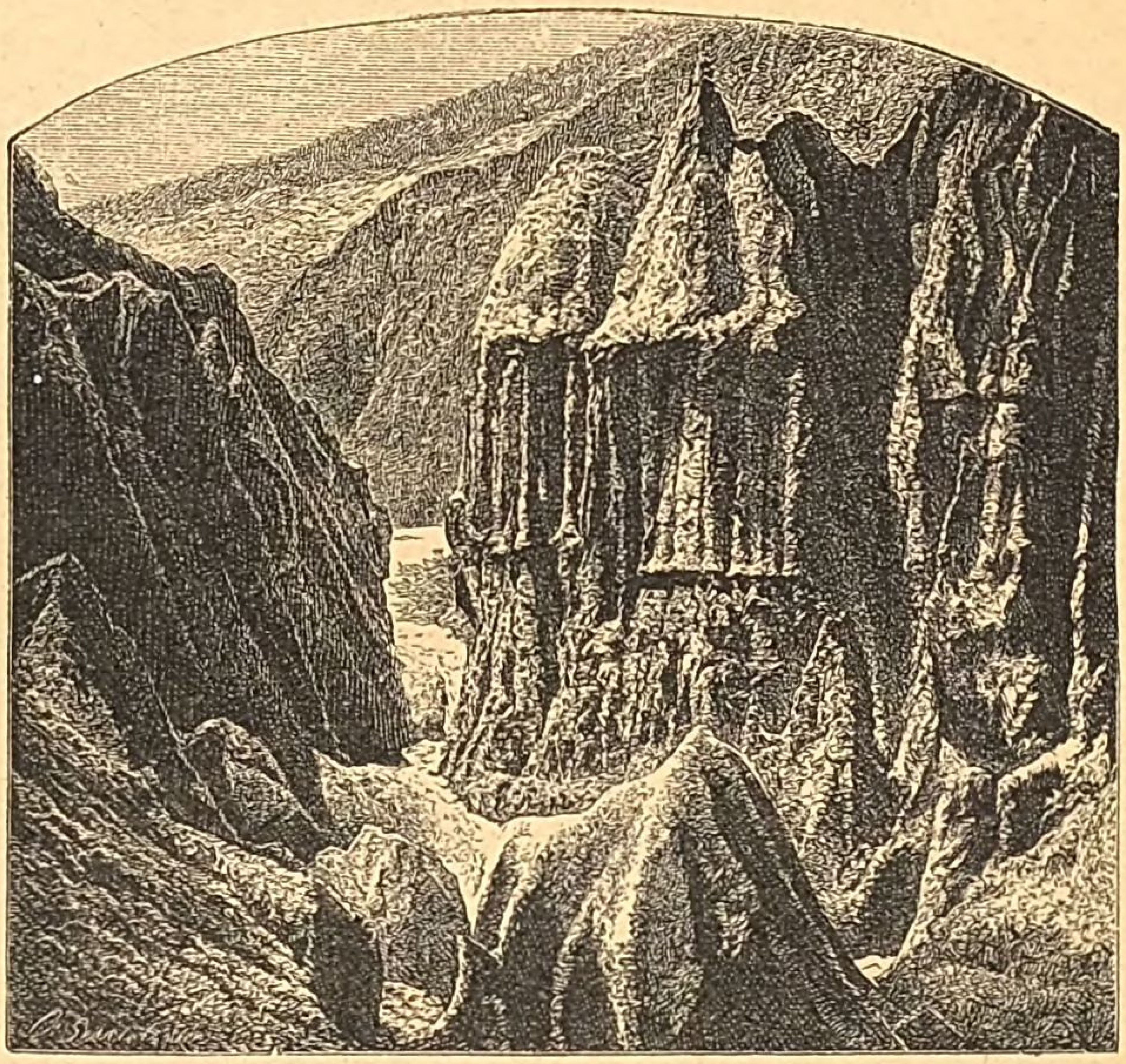
und unter dem wuchtigen Tritt des mit den zackigen Steigeisen gewappneten Fußes brechen ganze Ladungen in die Tiefe; es ist an solchen Stellen, als ob der ganze Berg lebendig würde. Natürlich stürzen auch ohne äußern Anstoß, nur infolge der Zerklüftung und Unterwaschung große Mengen von Steinen und poltern bergab, namentlich gewissen Einrissen, „Steinschlagrinnen“ folgend, von welchen manche deshalb bei Bergwanderungen überhaupt nicht als Anstiegslinien benutzt werden können oder doch jeden, der sich in ihren Bereich wagt, mit dem Tode bedrohen. Gewässer, die mit einer gewissen Wucht aus der Höhe niederstürzen, haben die Eigenschaft, ihr Rinnsal immer tiefer auszuwaschen, so daß mächtige Schlünde mit mehr oder weniger hohen Seitenwänden entstehen. Im deutschen Alpenlande nennt man eine solche tief in die Felsen eingeschnittene Spalte „Klamm“; in der deutschen Schweiz wird sie als „Schlauche“ oder „Schlucht“, in der französischen als



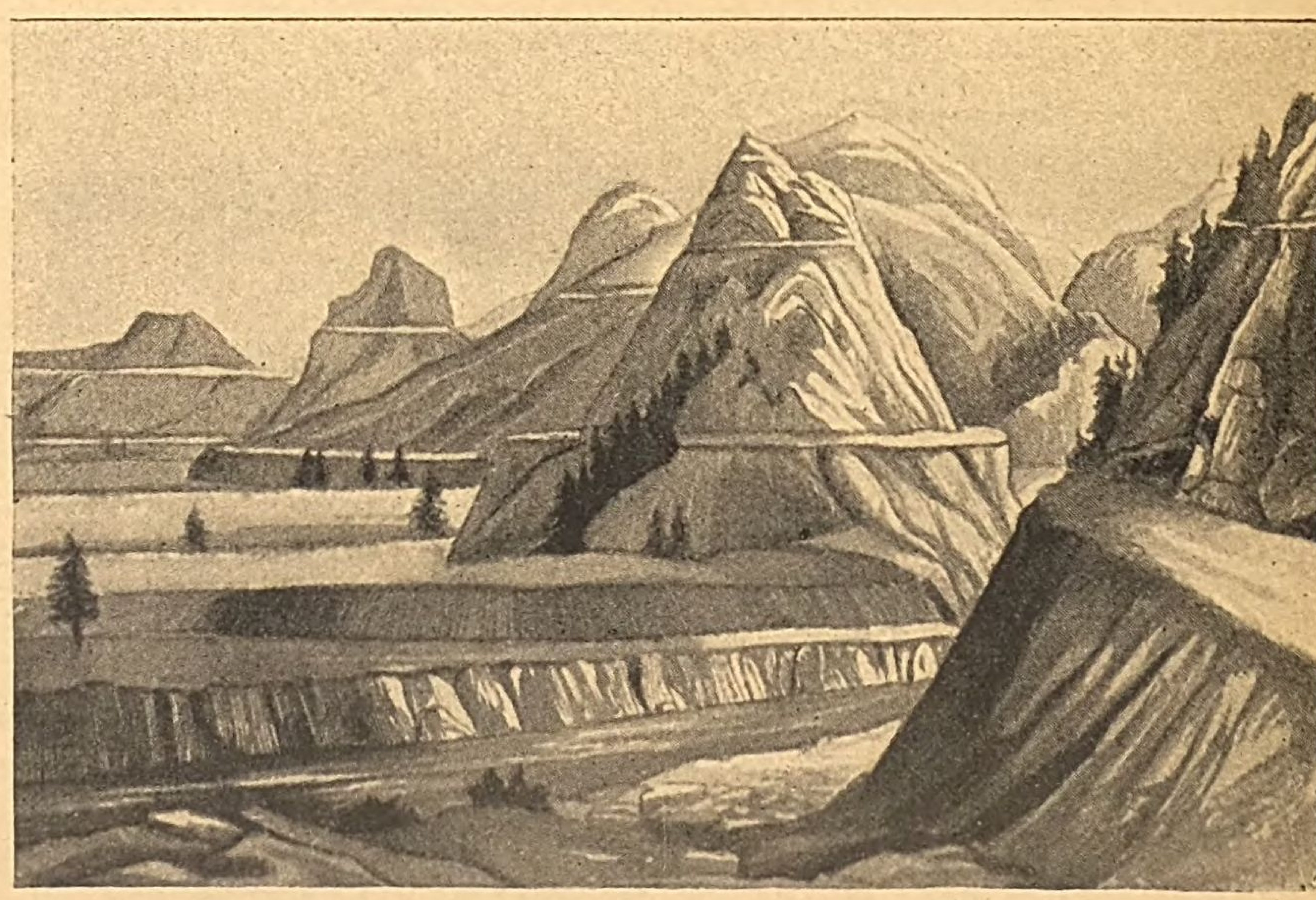
Erodierte Felspartie in Wyoming.

„Gorge“ bezeichnet, im südlichen Tirol hat man für dieselbe den Namen „Chiusa“ gewählt, der im Italienischen s. v. w. Klause bedeutet. Im Salzburgischen heißen sie „Oefen“; die wissenschaftliche Bezeichnung ist „Erosionsschlund“, womit zugleich die Entstehungsart dieser Schlüchte gekennzeichnet ist. Die erodierende Wirkung des Wassers beschränkt sich nicht auf Auswaschung des Rinnsales in der Richtung nach der Tiefe, sondern erstreckt sich auch auf vorliegende Hindernisse und durchbricht beispielsweise Querriegel, die Gebirgsthäler abschließen. Die großartige Finsteraarschlucht, die im Haslithal, der obersten Thalstufe der Aar, das sogenannte „Kirchet“ durchbricht, ist eine der interessantesten Erosionsbildungen dieser Art. Sind hier die an dem Felsen entstandenen Merkmale der Zerstörung von wildester Formlosigkeit, so zeigt unsere Abbildung an einem solchen Durchbruch durch einen schmalen Felsriegel, den die erodierende Wirkung des Wassers mit Hilfe von Rollkieseln und Gesteintrümmern zu stande gebracht hat, fast architektonische Formen.

Es kommt vor, daß Flußbetten, die ursprünglich sehr breit waren, sich allmählich dadurch verengern, daß das Wasser aus Ursachen, die teilweise noch nicht aufgeklärt sind, in der breiteren alten Thalsohle ein neues schmäleres Bett sich auswäscht. Auf diese Weise entstehen Flußterrassen, von denen die des Fraserflusses ein besonders interessantes Beispiel bieten. Diese Terrassen sind nichts anderes als die Ränder der früheren Thalsohlen, und ihr Vorhandensein beweist, daß ein zeitweiliger Stillstand in der Thalbildung, d. h. der Verschmälerung des Flußbettes eingetreten war, bevor die weitere Aushöhlung desselben stattfand. Vielleicht fand sogar eine Ausfüllung des bereits bestandenen Bettes statt, in der sich das fließende Wasser dann später wieder ein neues Rinnsal ausgehöhlt hat. Eine so großartige Terrassenentwickelung wie diejenige des Fraserflusses gehört natürlich zu den Ausnahmen; häufig sind die auf solche Weise gebildeten Stufen nur schmal und niedrig, ihre Formen mehr oder weniger verwaschen. Manche dieser Terrassen mögen überhaupt nicht durch fließendes Wasser, sondern durch die Einwirkung der Wellenbewegung eines Sees



Wirkungen der Erosion.



Terrassen des Fraserflusses

in Columbia, an der Westküste von Britisch-Nordamerika.

oder des Meeres auf die umsäumende Küste entstanden sein, wobei allerdings ein Wechsel in der Höhe des Wasserspiegels vorausgesetzt werden muß. Auch kann man sich vorstellen, daß es an einem langsam emporsteigenden Lande, dessen Erhebung durch kürzere oder längere Zwischenpausen unterbrochen wird, an den vom Wasser bespülten Rändern zur Terrassenbildung kommen kann, in welchem Falle dann die Terrassensäume den Zeitpunkt des Eintrittes und die Dauer der Unterbrechungen anzeigen würden. Da durch solche Hebungen auch das Gefälle und mit ihm die Geschwindigkeit und Kraftwirkung der fließenden Gewässer in dem Hebungsgebiete verändert, d. h. gesteigert oder vermindert wird, je nachdem die Erhebung den oberen oder den unteren Teil ihres Laufes betrifft, so kann auch hierin eine der Ursachen der Terrassenbildung gesucht werden, denn bei geringerem Gefälle wirken die Gewässer mehr in die Breite als in die Tiefe, bei stärkerem koncentrieren sich die rasch abfließenden Wassermassen auf einen schmäleren Streifen, wäscht aber diesen desto kräftiger und gründlicher aus.



Hufeisencañon
des Yellowstone-River.

Die großartigsten von allen Erosionsbildungen sind die **Cañons** im westlichen Nord-Amerika. Der Name bedeutet im Spanischen s. v. w. „Röhre". Hier haben sich mächtige Terrassen entwickelt, die stufenweise nach beiden Seiten hin zurücktreten, und zwar desto weiter, je höher die Stufen gelegen sind. Jede dieser Stufen deutet, wie dies schon aus dem Vorhergesagten hervorgeht, die Lage eines früher hier bestandenen Flußbettes an. In der ältesten Zeit seiner Entstehung hatte der betreffende Fluß das breiteste Bett und daher folgerichtig auch den langsamsten Lauf. Dadurch, daß in der Linie des Stromstriches, in der die Bewegung des Wassers am schnellsten ist, eine Vertiefung des Rinnsales entstand, wurde der Raum für die Aufnahme der Wassermasse vergrößert, und diese zog sich in gleichem Maße von den Ufern zurück; dabei mag auch die durch die breite Wasserfläche

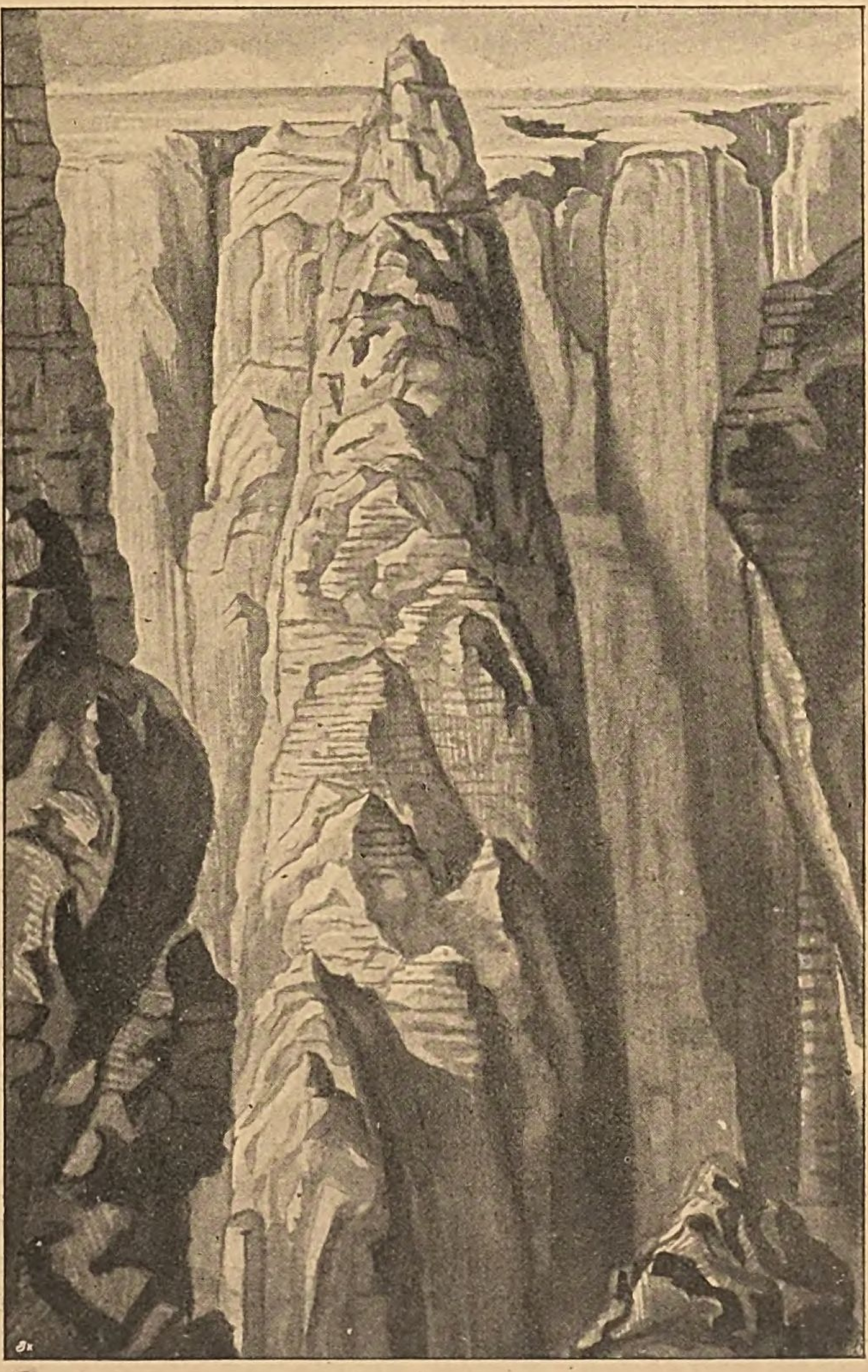
begünstigte Ausdünstung zur Verringerung ihrer oberflächlichen Ausdehnung beigetragen haben. So wurde die erste Terrasse trocken gelegt; ihr folgte in der Zeit eine zweite und dritte, bis endlich der Strom in ein so schmales Bett eingezwängt war, neue Terrassenbildungen nicht mehr möglich waren und die Wirkung der Erosion daher in die Tiefe gehen mußte. Reichte aus irgend welchen Gründen die Ausdehnung des Flußbettes nicht mehr aus, um dem Wasser genügenden Abfluß zu gewähren, so brach dieses sich ein zweites Rinnsal aus, wie dies das Hufeisencañon des Yellowstoneriver in unserer Abbildung auf S. 341 anschaulich macht.

Der große Cañon des Rio Colorado in den Staaten Arizona und Utah des westlichen Nordamerika ist eine der bedeutendsten Erosionsbildungen dieser Art. Der Fluß durchschneidet sehr hoch gelegene, teilweise reich bewaldete, teilweise aber auch gänzlich wüste und alles Pflanzenwuchses entbehrende Tafelländer, deren Oberfläche zum Teil sehr flach, anderenteils aber auch wellig geformt ist, und deren Aufbau aus horizontalen Schichten besteht, die den verschiedensten geologischen Zeitaltern, von demjenigen des Urgesteins bis zur älteren Tertiärzeit, angehört haben. Der Cañon ist stellenweise bis zu einer Tiefe von 2000 m eingeschnitten und gestaltet sich am großartigsten in dem sogenannten Kaibab-Plateau, das Dutton in seinem Werke „Tertiary history of the Grand Cañon District" in folgender, nach Neumayrs Uebersetzung hier wiedergegebener Weise beschreibt: „Wo immer man sich auf dem Kaibab-Plateau dem Cañon nähert, thut sich mit einem Schlage der Einblick in seine Tiefen auf; nur selten bemerkt man vorher ein Anzeichen, daß man sich dem Abgrunde nähert. Der Wald reicht bis an den Steilrand, und die Fichten lassen ihre Zapfen in die bodenlose Tiefe fallen. In der Regel erreicht man am Rande einer amphitheaterartigen Ausbuchtung den Einschnitt, und die Aussicht ist schon hier über alle Beschreibung großartig, aber sie bleibt weit hinter derjenigen zurück, die sich im Herzen des Cañon aufthut. Einen solchen Einblick gewinnt man von Point Sublime, einem weit vorspringenden Vorgebirge, das wohl vor anderen an Größe des Panoramas ausgezeichnet ist.

Der große Cañon bereichert unsere moderne Naturanschauung mit einem ganz neuen landschaftlichen Typus und mit neuen Vorstellungen von der Schönheit, Großartigkeit und Gewalt der Naturerscheinungen; aber wie jede Neuerung braucht auch diese Zeit, um verstanden zu werden; man muß sie studieren und sich an sie gewöhnen, um in ihren Geist einzudringen. Dem Naturfreunde, der seinen Blick in den Alpen, Italien, Deutschland, den Appalachen 2c. gebildet hat, würde der Eintritt in diese merkwürdige Gegend gleichsam einen Stoß versetzen; er würde sich beengt, vielleicht zurückgestoßen und beängstigt fühlen. Er sieht nichts von dem, was er als schön und erhaben zu betrachten gewohnt ist; alles muß ihm zwar staunenswert, aber bizarr und unschön vorkommen; nirgends findet er harmonische, zart abgestufte Farbentöne. Aber mit der Gewohnheit ändert sich dieser Eindruck. Was zuerst hart, wild, fast brutal erschien, erweist sich nun als großartig und ausdrucksvoll, voll Kraft und Majestät, und die grellen, schreienden Farben zeigen sich allmählich doch als in hohem Grade zart, wechselnd und effektvoll. Wäre es nur die Größe der Erscheinung, welche Eindruck macht, so ließe sich die Summe in wenigen Worten zusammenfassen: der Cañon ist über 200 englische Meilen lang, 5 bis 12 Meilen breit und 5000 bis 6000 Fuß tief. Es giebt längere und breitere Thäler und sogar einzelne, welche tiefer sind; aber doch ist der große Cañon durch das Zusammenwirken aller Einzelheiten das Erhabenste, was es auf Erden giebt.

Vom äußersten Ende von Point Sublime ist der Abstand bis zu dem nächsten Punkte der jenseitigen Uferhöhe 7 (englische) Meilen, aber die beiden Ränder sind von weiten Amphitheatern ausgebuchtet und treten daher für gewöhnlich bedeutend weiter auseinander. In das unmittelbare Gesichtsfeld, 50 Meilen lang und 12 Meilen breit, drängt sich eine ungeheure Menge von einzelnen Objekten, so riesenhaft, so majestätisch, so unendlich mannigfaltig in ihren Details, daß man sie nur allmählich faßt und aufs tiefste bewegt wird von dem erwachsenden Eindruck. Unzweifelhaft tritt vor allem anderen

groß und überwältigend die jenseitige Thalwand entgegen; der menschliche Geist kann sich keine Vorstellung machen von einer eine Meile hohen Felsmauer, die, in einer Entfernung von sieben Meilen gegenüberliegend, sich rechts und links in die Unendlichkeit zu verlieren scheint. Man fühlt sich erdrückt und überwältigt; wäre es noch eine senkrechte, glatte Wand, so fände sich ein Ruhepunkt; allein überall tritt in derselben die größte Mannigfaltigkeit entgegen. Tiefe Amphitheater springen weit in das jenseitige Plateau ein, zwischen ihnen ragen mächtige Vorsprünge heraus, die in herrlichen Giebeln ausladen. So ist der Rand in eine Menge Buchten und vorspringende Ecken zerteilt, mit zahllosen Vorsprüngen, die teilweise als scharfe Sporen in die Tiefe setzen. Nur bei den unmittelbar gegenüberliegenden Amphitheatern dringt der Blick bis in den Hintergrund; aber so außerordentlich, so unglaublich wirkt die perspektivische Verkürzung, daß es unmöglich ist, sich von deren Ausdehnung ein Bild zu machen. Zahlreiche losgelöste Massen schließen sich an die Vorsprünge an, gigantische Pfeiler, die aber trotz ihrer Größe erdrückt werden von der ungeheuren Masse der gegenüberliegenden Wand. Nur wenig minder machtvollen Eindruck als diese selbst machen die unmittelbar benachbarten Pfeiler auf der eigenen Uferseite, welche eine Schönheit der Formen, eine Großartigkeit und dabei eine mannigfaltige Zerrissenheit zeigen, die jeder Beschreibung spottet." (Vergl. die nebenstehende Abbildung.)


Seitenpfeiler des großen Cañon.

Der Ursprung alles fließenden Wassers ist im Meteorwasser, den atmosphärischen Niederschlägen zu suchen. Dasselbe dringt in das Innere der Gebirge ein, sammelt sich an dazu geeigneten Stellen und tritt endlich als Quelle da oder dort zu Tage. Im Hochgebirge sieht man dünne Fäden krystallklaren Wassers in den verschiedensten Windungen von den Felswänden niederrieseln und sich zu einem vielfach verschlungenen Netze vereinigen, das endlich ein ausgeprägteres Rinnsal bildet, in welchem es, zuerst nur als ganz unscheinbares Bächlein, der Tiefe zueilt. Bald verbinden sich mehrere solcher Gewässer zu einem

größeren Wasserlaufe, und es entstehen Flüsse und Ströme. Im Hochgebirge treten aber auch oft wilde Wasserergüsse auf, die — bis auf die Spuren der Verheerung, die sie zurücklassen — wieder verschwinden, sobald die Ursache, die sie hervorgerufen hat, zu wirken aufhört. Es sind dies die Wildbäche, die sich infolge heftigen Gewitterregens oder raschen Abschmelzens des Schnees beim Eintreten warmen „Föhn"-Windes bilden. Aus Seitenschluchten, die gewöhnlich fast trocken liegen, von den Höhen herunter, die diese Schluchten überragen, stürzen sich die Wasser nieder und vereinigen sich zu einem wütenden Bergstrome, der das Erdreich aufwühlt und sich mit dickem Schlamm erfüllt, Bäume entwurzelt, Geröll und Felstrümmer in Bewegung setzt und in die Tiefe wälzt; erreicht die Erscheinung ihr höchstes Maß, so sieht man nicht mehr Wasserfluten, sondern eine unaufhaltsam niederstürzende Schlamm- und Schuttmasse, die sich, sobald sie eine weniger geneigte Fläche erreichen, auf dem Boden ablagern und große Stücke fetten Weidelandes oder wohlgepflegten Ackerbodens bedecken. Am Ausgange der Bergschluchten häufen sich gewaltige Schuttkegel an, und an den Halden, von denen die Schuttmassen herabgestürzt sind, zeigen sich tief in das Erdreich eingerissene Spuren des Weges, den sie genommen haben. Hier ist die Bahn für spätere Wildbachverheerungen vorgezeichnet. Das oberste Ende solcher „Muren" oder „Ruffinen", wie sie in der Schweiz genannt werden, bildet eine kesselartige Erweiterung, die von einer Menge mehr oder weniger tief eingeschnittener Rinnsale durchfurcht ist. Dies ist das Sammelbecken für die Wasser des Wildbaches, der sogenannte Trichter; an dem äußeren Rande dieses Trichters sammeln sich die Rinnsale zu einem tief eingerissenen Abzugskanal, dem „Tobel" oder „Hals" des Wildbaches, und dieser mündet schließlich in einer Thalweitung, in der die vom Wildbach losgerissenen und in die Tiefe beförderten Schuttmassen in Gestalt einer flach ausgebreiteten Kegelmantelfläche sich ablagern. Unter dem cyklopischen Haufwerke dieses Schutt- oder Schlammkegels verschwindet, wie G. A. Koch schreibt, alles, was im Wege liegt; kaum ragen von den stattlichen Häusern, über die er hinweggegangen ist, die Schornsteine heraus, und weithin bezeichnet den Lauf des Wildbaches ein trostloses Bild der Zerstörung. Nach ausgiebigem atmosphärischen Niederschlage oder bei plötzlichem Anfließen von Schmelzwasser wird, wie derselbe Schriftsteller schreibt, binnen kürzester Zeit das Schuttmaterial des Sammelbeckens vollständig durchtränkt und aufgeweicht; es wird dadurch viel schwerer, als es früher war, und kommt ins Gleiten und Rutschen. Ein dicker Brei, ein teigförmiges Gemenge von etwa zwei Dritteilen Schlamm, Schutt und Felsentrümmern und einem Dritteil Wasser, wälzt sich aus dem Sammelbecken durch den engen Tobel hinab und ergießt sich über die Niederungen. Mit einem Ergusse ist es selten abgethan; meist folgen in kurzen Zwischenräumen mehrere kräftige Nachschübe, hervorgerufen durch Stauungen des lavaähnlichen Schlammbreies, wie sie in den Tobeln leicht entstehen können. Während der Wildbach in dem Sammelbecken vorzugsweise aufwühlt und herabschleppt, stößt er bei Passierung des Tobels große Löcher in dem Bette aus; diese Auspolkungen sind jedoch weniger gefährlich als die einseitigen Unterwaschungen der Tobelwände, infolge deren jederzeit die großartigsten Abrutschungen und Einstürze erfolgen können. Der Tobel, der bereits inmitten der Waldregion liegt (während das Sammelbecken immer unterhalb der Schneegrenze, aber oberhalb der Waldgrenze gelegen ist, und daher zu um so größerer und gefährlicherer Ausdehnung gelangen kann, je tiefer herab der Berg des Baumwuchses entkleidet ist) und oft zwischen turmhohen Mauern von Glacialschutt*) eingeschnitten ist, wird dann durch herabstürzende oder von oben mitgebrachte Baumstämme, durch Wurzelwerk und riesige Felsblöcke förmlich verstopft. Diese Abdämmung der engen Schlucht dauert so lange an, bis die aus dem Sammelbecken sich unaufhörlich herabwälzenden Schlamm- und Wasserwogen die Sperre durchbrechen können. Mit um so größerer Wucht sausen jetzt die haushohen Schlammfluten unter polterndem Getöse durch die Enge des Tobels hinunter

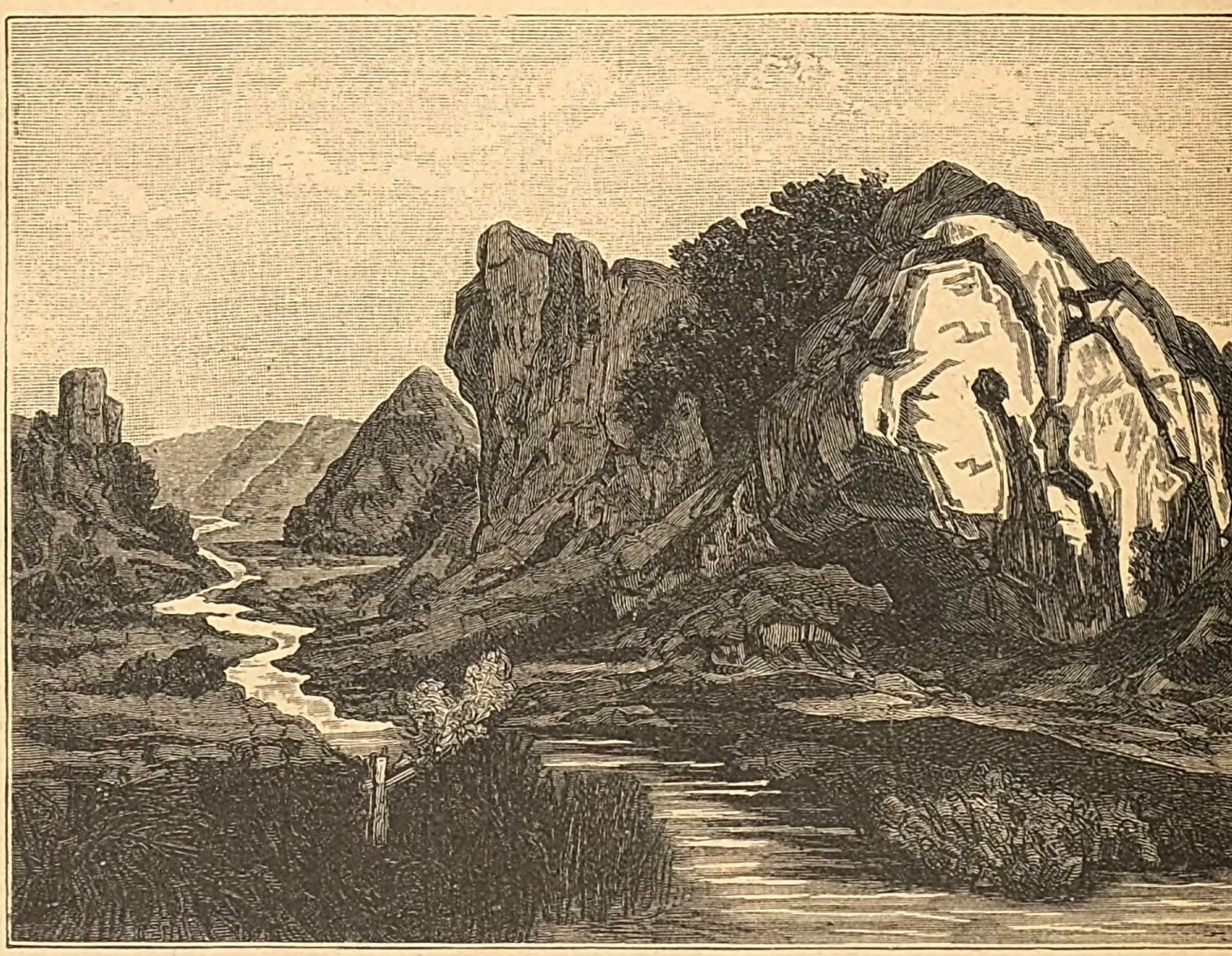
*) Auf den Bergen der Alpen liegen große Massen von Schutt, die noch aus der Eiszeit (Glacialzeit, vom franz. Glace, s. v. w. Eis) herstammen.

in die Thalweitung; der Boden zittert, Fenster klirren wie bei einem Erdbeben, Funken sprühen von den aufeinanderprallenden Felstrümmern empor, ringsum verbreitet sich ein brenzlicher Geruch. Endlich gelangt die Masse, fächerförmig sich ausbreitend, zur Ablagerung.

Mündet der Wildbach in ein größeres, vom einem Flusse durchzogenes Thal, so kann durch den sich aufhäufenden Schuttkegel das Flußbett abgedämmt und eine seeartige Anstauung der Wassermassen verursacht werden, die sich mitunter dauernd erhält, nachdem sie allem Kulturleben auf dem Thalgrunde den Untergang gebracht hat. In der Regel durchdringt aber der Fluß den Damm vermöge seiner erodierenden Wirkung, und der See läuft wieder ab. Erfolgt aber die Durchbrechung des Dammes nicht allmählich, sondern durch den Druck der Wassermasse gegen denselben plötzlich, so stürzt diese mit verheerender Gewalt thalabwärts.

Wie schlimm auch so ein Wildbach hausen mag, so beschränkt sich seine verheerende Wirkung doch auf ein engeres Gebiet. Weit gefährlicher wird die Sache, wenn sich die meteorologischen Ursachen, die zur Bildung von Wildbächen führen, auf weite Gebiete erstrecken, so daß auch die Flüsse in den Hauptthälern selbst in außerordentlicher Weise anschwellen, die von ihnen durchflossenen Thalschaften überschwemmen und ihre Ufer unterwaschen und zum Einsturz bringen, oder ganze Strecken derselben wegspülen. Werden durch Zerklüftung und Unterwaschung größere Felsmassen zum Absturze gebracht, was zuweilen durch Erdbeben verursacht wird, oft aber auch ohne solche äußere Einwirkung lediglich infolge der allmählichen Lockerung des Zusammenhanges dieser Felsmassen mit dem Massiv des Berges selbst und durch die damit verbundene Störung des Gleichgewichtes geschieht, so treten sogenannte **Bergstürze** ein, die ungeheure Massen von Gestein ins Thal herabwerfen, ohne daß man an dem Berge selbst eine merkliche Veränderung erkennt. Das Verhältnis der abgestürzten Masse zu denjenigen des Berges selbst ist eben ein verschwindend kleines. Wohl brechen auch in sehr seltenen Fällen ganze Berge zusammen, und einen solchen Fall erzählt E. Richter aus dem südwestlichen Tirol, wo im Mai 1882 eine Felskuppe der Brentagruppe von mehreren hundert Meter Höhe und einem Durchmesser, der etwa den vierten Teil dieser Höhe betrug, in das Thal herabstürzte. Die Masse fiel zunächst eine Wandhöhe von etwa 200 m herab, dann schlug sie auf eine vorspringende Bastion auf und von hier aus ergoß sie sich nach allen Richtungen hin in das Thal. Das Auffallende und Merkwürdige an der Sache ist die Wahrnehmung, daß der aus hartem weißem Kalk bestehende Felszahn nach seinem Sturze aus so beträchtlicher Höhe nicht wie ein fester Körper am Orte seines Falles liegen blieb, sondern wie eine Flüssigkeit, die hoch herab ausgegossen wird, nach allen Seiten unglaublich weit auseinander stob. Der zur Bocca di Brenta hinaufführende Weg war auf einer Strecke von mehr als $1 \frac{1}{2}$ Stunden mit Trümmern des zerborstenen Gesteins besäet; in den äußeren Partien des eigentlichen Verschüttungsterrains lag es nur wenige Meter hoch. „Es müßte" — so schreibt Richter — „ein überwältigender Anblick gewesen sein, diese Kaskade von weißem kieselhartem Kalke zu sehen, welche sich unter betäubendem Geräusch, scheinbar flüssig wie Wasser, über die Felswände herab ergoß, umschwärmt von einem Hagel scharfkantiger Geschosse, die nach allen Seiten davon sprühten. Doch gönnte die Natur keinem Sterblichen diesen Anblick; eine regnerische Nacht verhüllte das Schauspiel, nur die Bewohner von Santa Maria di Campiglio hörten das entsetzliche Getöse und glaubten, die Welt gehe unter." Verderblichere Bergstürze als dieser sind in älterer und neuerer Zeit vielfach eingetreten und haben zahllose Menschenleben und viele Millionen Volksvermögen vernichtet. Erst in jüngerer Zeit ist das am Ausgange des Gotthardtunnels gelegene Tessiner Städtchen Airolo von einem Bergsturze heimgesucht worden, der beträchtliche Zerstörungen anrichtete. Hier handelte es sich aber weniger um den Absturz fester Felspartien als vielmehr um denjenigen loser Schutt- und Geröllmassen, ähnlich denen, die von den Wildbächen in die Tiefe geführt werden. Diese sogenannten **Erdrutschungen** oder **Erdschlipfe** werden in der Regel durch das Versickern von Quellwassern in den oberen Schichten der Berghänge verursacht,

und können, soweit es sich um oberflächliche Erscheinungen dieser Art handelt, schon dadurch begünstigt werden, daß die auf den Berghalden weidenden Schafe das Gras samt den Wurzeln aus dem Boden ziehen und dadurch die Grasnarbe zerstören, die die lose Erdkrume zusammenhält und das Einsickern des Wassers in dieselbe verhindern. Es bilden sich zuerst im oberen Teile Spalten in der gelockerten Erdmasse; im unteren Teile derselben wird der Boden wulstig emporgeschoben und die ganze Masse gerät schließlich in wälzende Bewegung. An diesen Vorzeichen läßt sich die Gefahr des Eintretens von Erdschlipfen schon lange vorher erkennen; auch kein Bergsturz tritt plötzlich ein, sondern es bilden sich, wenn es sich um die Bewegung von Schuttmassen handelt, zunächst in Reihen angeordnete zahlreiche Spalten, bei drohenden Felsabtrennungen ist der obere Abriß gewöhnlich durch eine zusammenhängende Hauptspalte gebildet, dessen weitere Entwickelung Monate, ja sogar



Hohlefels im schwäbischen Achthal.

Jahre hindurch andauern kann. Der Geologe A. Heim schreibt: „Wir können mit aller Bestimmtheit sagen, daß in Plurs (einem Orte in Graubünden, der 1618 durch einen Bergsturz verschüttet wurde), an den Diablerets (in der romanischen Schweiz), in Goldau (am Rigi, das 1806 ebenfalls durch einen Erdsturz verschüttet wurde), in Elm (im Schweizer Kanton Glarus, wo 1881 der achte Teil der Bevölkerung verschüttet und erschlagen, 83 Gebäude zerstört und ein wertvoller Schieferbruch sowie vieles Kulturland für immer vernichtet wurde) und noch bei vielen anderen großen Bergstürzen kein einziger Mensch sein Leben verloren hätte, wenn diese Vorboten richtig beachtet worden wären, anstatt daß man da und dort die Aengstlichen durch Verlachen zum Schweigen gebracht hat. Es ist für uns vielfach sogar unbegreiflich, daß die Menschen dem zunehmenden Gepolter zusahen, ohne zu fliehen." Diese Sorglosigkeit der Bergbewohner äußert sich aber auch in anderer Weise. Der Wald, der den Boden durch sein Wurzelwerk bindet, dessen Stämme eine wirksame Abwehr gegen das Herabstürzen weiter oben in Bewegung geratender Schuttmassen bilden, wird vielfach des

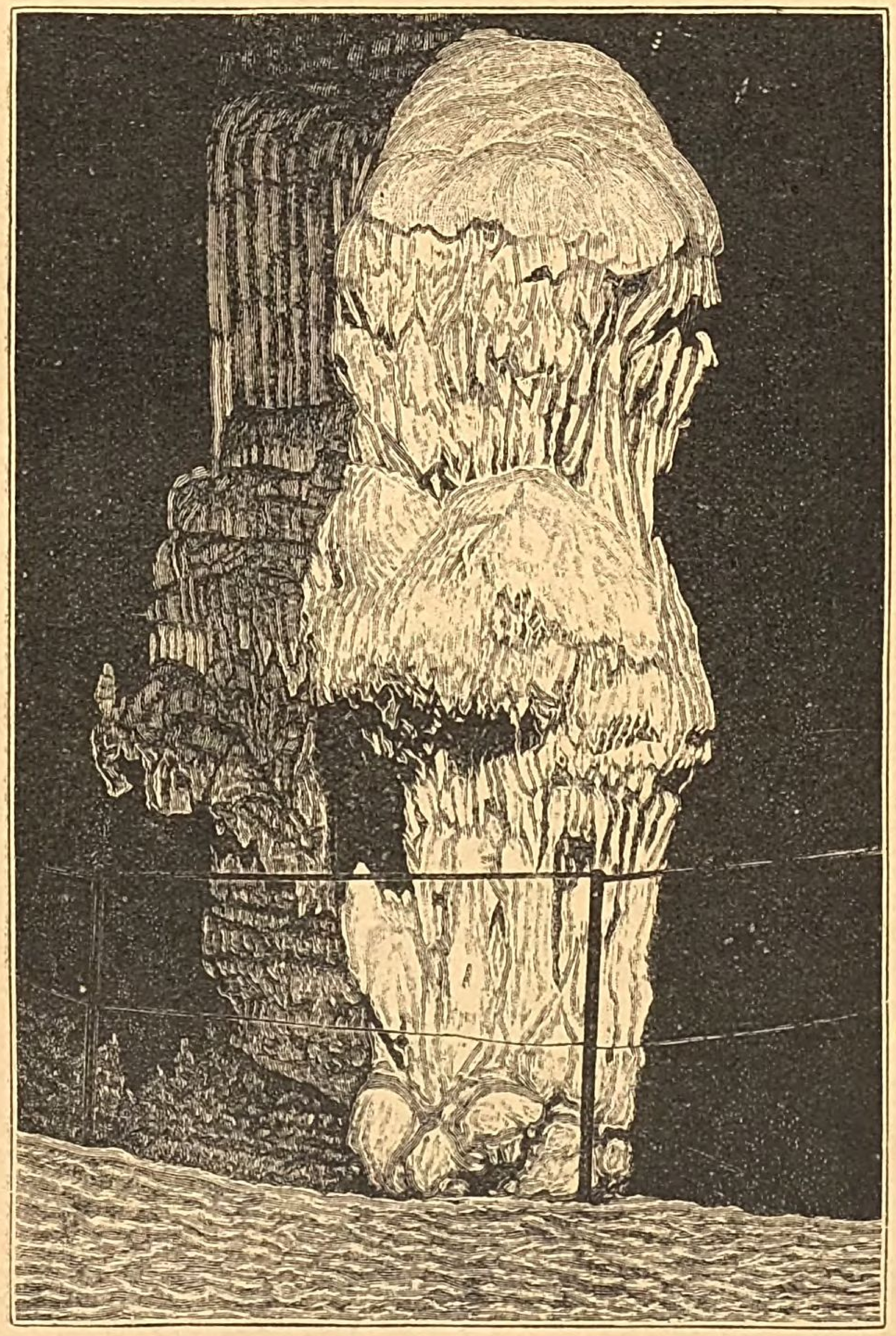
vorübergehenden Geldgewinnes halber abgeholzt, das Beispiel der Altvorderen, die den „Bannwald“ als heilig und unverletzlich erklärten, mißachtet, und für Schutzboden wenig oder nichts gethan. Unter solchen Verhältnissen kann das ziemlich häufige Eintreten solcher mehr oder minder schweren Katastrophen nicht wundernehmen.

In Kalkgebirgen treten infolge der Natur des Materials, aus welchem sie aufgebaut sind, Verhältnisse ein, die der Erosionsthätigkeit des Wassers eine eigentümliche Richtung geben. Kalkgestein neigt zu bedeutender Zerklüftung und ist sehr leicht löslich in kohlensäurehaltigem Wasser. Sowohl für die chemische Zersetzung, wie für die mechanische Zerstörung bieten diese beiden Eigenschaften die besten Anhaltspunkte, denn die Zerklüftung begünstigt das Versinken des Niederschlagwassers in die Tiefe, so daß vielfach unterirdische Wasserläufe vorkommen, die zu ausgedehnter Höhlenbildung führen. Die Höhlen bilden in solchen Gebirgen meist größere, zusammenhängende Systeme, die teils in engen, spalten- oder schlauchartigen Kanälen sich hinziehen, teils zu weiten Kammern und förmlichen Hallen oder hochgewölbten Domen sich erweitern. Viele dieser Höhlen sind durch die darin entdeckten Ueberreste von Tieren und Menschen berühmt geworden, so namentlich zahlreiche Höhlen in Belgien und Frankreich, ferner solche in Deutschland, von denen diejenige im Hohlefels im schwäbischen Achthal, in welcher dereinst der Höhlenbär hauste und seine Opfer verspeiste, wie die von seinen Zähnen angenagten und zermalmten Pferde-, Rinder- und Menschenknochen bezeugen; endlich solche in der Schweiz, in Oesterreich-Ungarn und in England. Andere Höhlen haben als Naturmerkwürdigkeiten einen hohen Ruf erlangt, und hier sind in erster Linie die Höhlen des Karst mit ihren Tropfsteingebilden anzuführen. Der Tropfstein, auch Stalaktit genannt, ist eine Mineralform von jüngster Bildung, die hauptsächlich aus Kalkspat oder Kalksintern besteht und von herabträufelnden Wassern gebildet wird, die ihren Gehalt an den genannten Mineralien ansetzen und so dem Gebilde stets neuen Baustoff zuführen. Den Vorgang bei der Bildung der Tropfsteinablagerungen schildert Schweiger-Lerchenfeld in seinem „Buch der Natur“ folgendermaßen: Das atmosphärische Wasser dringt durch die zahlreichen Ritzen und Spalten in den Erdboden ein, sickert weiter und weiter. So gelangt es an die Wölbungen der unterirdischen Hohlräume, nachdem es auf dem Wege dahin Kalkteilchen aufgenommen hat. Der Tropfen fällt herab, verdunstet und läßt die Kalkteilchen zurück. Andererseits lagern Tropfen, deren Adhäsion groß genug ist, um dem Gesetze der Schwere entgegen zu wirken, die in ihnen gelösten Kalkteilchen auf der Decke ab. Nach unendlich langen Zeitläufen bildet sich an der Decke ein zapfenartiges Gebilde, an welchem die immer wieder niedersickernden Tropfen herabgleiten. Es entstehen Formen, welche von den Wölbungen oder von den Wänden von oben nach unten wachsen, man nennt sie Stalaktiten. Die Kalksinterbildungen aber, welche durch Ausscheidungen der abfallenden Tropfen entstehen, wachsen in ähnlicher Weise aufwärts; man nennt sie Stalagmiten. Es ist selbstverständlich, daß beide Gebilde schließlich so zu einandertreten, daß sie zusammenwachsen. Um die Verbindungsstelle setzen nun die nachsickernden Tropfen wulstartige Ringe an, bis aus dem Doppelgebilde eine einzige mächtige Säule wird. Eine großartige Tropfsteinbildung dieser Art ist die „Umgestürzte Säule“ in der Adelsberger Grotte. Sie hat einen Durchmesser von $4\frac{1}{2}$ m, ist schön kanneliert, stellenweise mit Blättergewinden umkränzt, und lagert quer über einen Gang, so daß der Weg unter derselben hindurchführt. Das Merkwürdigste an diesem Gebilde ist, daß eine zweite Säule darauf emporgewachsen ist; sie hat einen Durchmesser von 2 m. Die Art der Kalksinterablagerung ist übrigens eine sehr mannigfaltige. Findet das Antropfen in der ganzen Längsrichtung einer Spalte oder Ritze statt, so entstehen jene



Stalaktit.

wunderbaren Gebilde, welche eine täuschende Aehnlichkeit mit Vorhängen, Draperien, Teppichen und dergl. haben. Diese Gebilde sind dünn und durchscheinend, so daß sie transparent wirken, wenn man sie von rückwärts beleuchtet. Die schönsten „Flachgebilde" trifft man in der erst 1889 entdeckten großen Tropfsteinhöhle bei Groß-Ottok unfern von Adelsberg. Da finden sich Tischdecken mit eingewobenen zarten rötlichen und gelblichen Streifen, Portièren mit wunderbarem Faltenwurfe und hunderterlei blendend weiße Vorhänge, durch welche, werden sie von rückwärts beleuchtet, ein sanftes Licht wie durch eine Glocke von Milchglas hindurchschimmert. . .



Stalagmit.

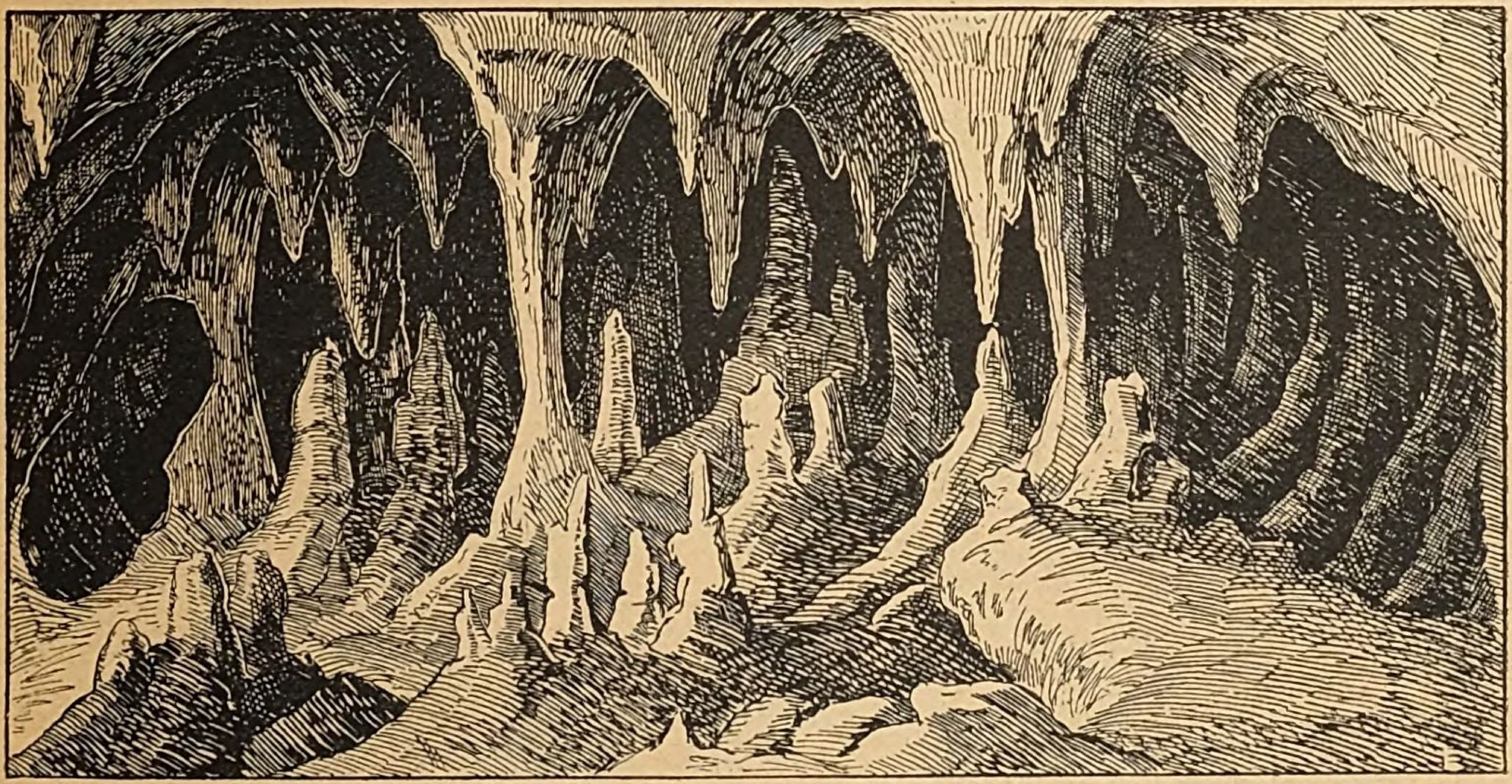
Eine andere Form der Kalksinterablagerungen sind die steinernen „Wasserfälle", welche aus Spalten und Ritzen der Seitenwände der Hohlräume hervorquellen und in wulstigen Ausbauchungen bis zur Sohle hinabreichen. Ein gewaltiges Gebilde dieser Art, ein Wasserfall in drei Absätzen, befindet sich in der vorgenannten Grotte. Flachere Kaskadenbildungen bedecken mitunter auf weite Strecken die Wände der Tropfsteinhöhlen, verziert mit allerlei Rispen und Wülstchen, Konsolen und kerzenartig aufstrebenden Säulchen, flachen Pilastern, Blumengebilden u. s. w.

Eine bedeutendere Zahl der in den Tropfsteingrotten von der Decke zur Sohle reichenden Säulen haben in der Richtung ihrer Längsachse einen Hohlraum von winzigem Durchmesser. Dieser Hohlraum, welcher aus ganz kleinen Gebilden besteht, die das Aussehen von Federkielen oder Pfeifenröhren haben, entsteht dadurch, daß die den Kalksinter mit sich führenden Tropfen in kreisförmiger Anordnung an der Gewölbdecke haften. Nachdem auf diese Weise ein kleines kranzförmiges Gebilde entstanden ist, setzen alle nachfolgenden Tropfen das Werk in gleicher Weise fort. Aus dem Ringe wird ein kurzer Cylinder, schließlich eine lange Röhre. Mit der Zeit wird die hohle „Seele" der so entstehenden mächtigen Säulen wohl durch den seitlichen Druck der Masse beseitigt, ohne daß indes die Spur des ursprünglich vorhanden gewesenen Röhrchens gänzlich verwischt würde.

Das Aussehen einer solchen Tropfsteinhöhle zeigt unsere Abbildung auf S. 349. Doch ist die Beschaffenheit dieser Höhlen, wie Neumayr hervorhebt, eine außerordentlich verschiedene, sowohl in ihrer ganzen Anlage als in den Einzelheiten ihrer Ausbildung. Manche von ihnen, namentlich in den Karstregionen, sind durch die Auslaugung gebildete

unterirdische Flußläufe, echte Erosionsthäler, die nur insofern abweichend ausgebildet sind, als die beiden Thalwände sich über dem Flusse in der Höhe wieder zusammenschließen und ihn überwölben. Ein ausgezeichnetes Beispiel dieser Entwickelung ist z. B. die Planinagrotte in Krain, welcher das Bett des Poikflusses darstellt. Andere Höhlen haben größere Breite bei geringer Länge; oft mündet ein Fluß oder eine unterirdische Wasserader in die Grotte und fließt am Boden hin, bisweilen staut sich das Wasser in derselben und bildet ein Reservoir, einen unterirdischen See. Oft aber hat auch der Wasserlauf, welcher die Grotte ausgehöhlt hat, sich neue Bahnen geöffnet und sein altes Bett verlassen; dann finden wir die Höhle trocken.

An der Oberfläche bilden die auffallendste und häufigste Erscheinung die sogenannten Karsttrichter oder Dolinen, meist regelmäßig kreisförmige oder elliptische Vertiefungen, deren Wände meist ziemlich steil abfallen. Die Größe dieser Trichter ist sehr verschieden, manche derselben haben nur einige Meter im Durchmesser, bei anderen steigt er bis zu



Tropfsteinhöhle im Kalkgebirge.

2—3 km an. Diese Vertiefungen des Bodens bezeichnen nur äußerlich Kommunikationen der Oberfläche mit dem unterirdischen Systeme von Wasserläufen und Hohlräumen; oft findet man am Grunde der Dolinen den Eingang eines in die Tiefe setzenden Kanales, häufiger allerdings ist ein solcher nicht sichtbar, wohl in der Regel infolge einer Verstopfung oder Verdeckung durch herabgestürzte Trümmer. Oft genug aber wird das Vorhandensein eines solchen Kanales, dessen Eingang dem Auge entzogen ist, durch die merkwürdige Erscheinung bezeugt, daß von seinem Grunde in der warmen Jahreszeit kalte Luft ausgestoßen wird, während andererseits im Winter Luft eingesaugt wird, ein Vorgang, der diesen Vertiefungen in manchen Gegenden den Namen Windlöcher oder Wetterlöcher verschafft hat.

Ueber die Entstehung der Dolinen kann man nicht für alle Fälle mit Sicherheit entscheiden; wohl die Mehrzahl ist lediglich durch Einsturz, durch Hinabbrechen in unterirdische Hohlräume entstanden. Eine Anzahl solcher Einstürze, die von lokalen Erdbeben begleitet zu sein pflegen, sind bekannt; man weiß z. B. aus dem krainisch istrischen Karstgebiete von Fällen, wo plötzlich Häuser mit allen ihren Bewohnern mit hinabgerissen worden sind. Ist aber auch gewiß, daß viele Dolinen in dieser Weise entstehen, so ist es doch auch sicher nicht die einzig mögliche Bildungsart; einfache Erosion, Auflösung des Kalkes

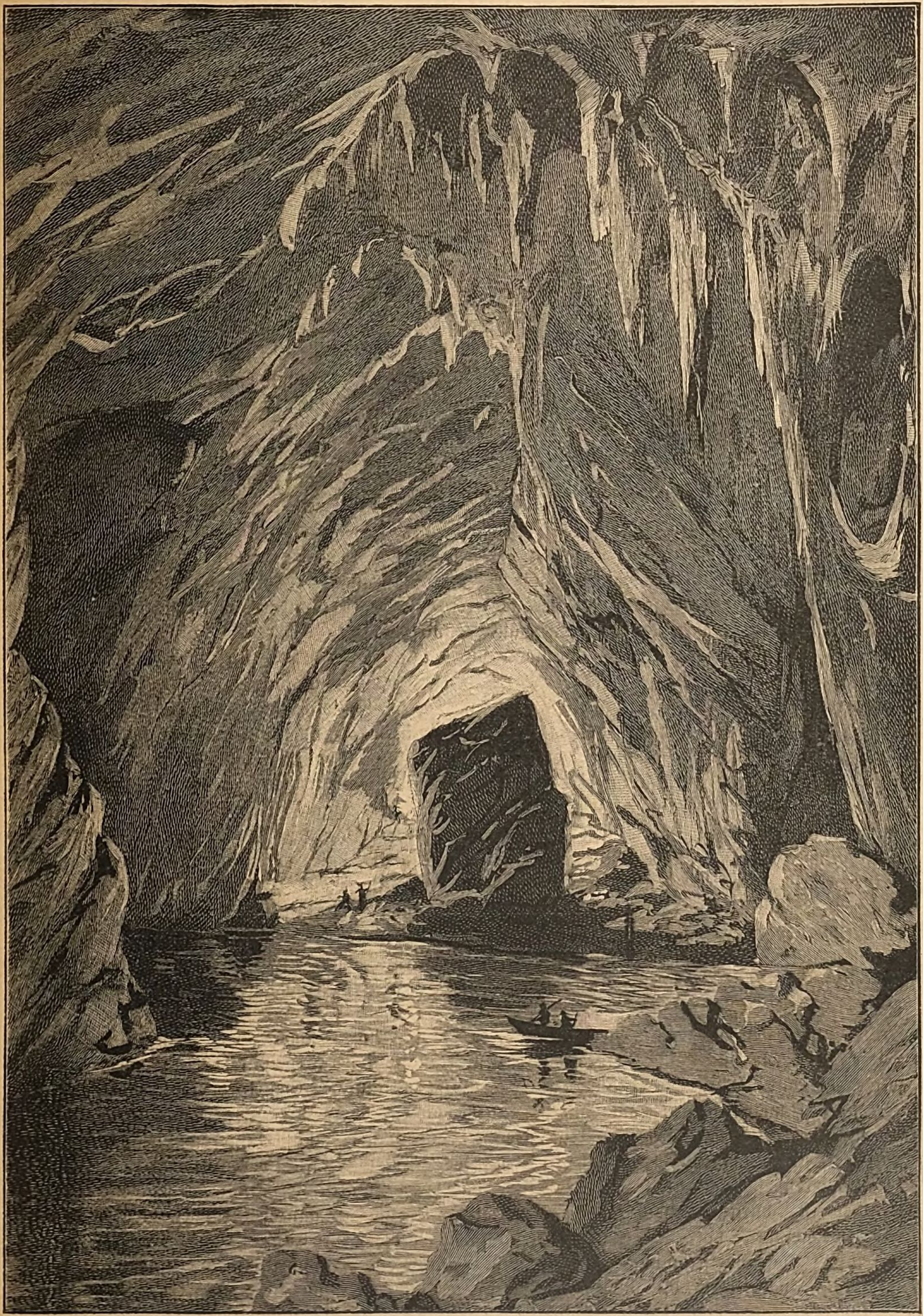
können einen Kanal in die Tiefe erweitern, dessen oberes Ende sich später durch Schutt verstopft und die Trichterform annimmt; auch kann und wird der Fall eintreten, daß die lösende Kraft des Wassers einen schmalen Abzugskanal an seinem oberen Ende erweitert, wozu namentlich das Schmelzwasser des Schnees am mächtigsten beitragen wird.

Zu den schönsten Höhlenbildungen des Karstes gehören die Grotten von St. Canzian, einem Dörfchen nahe der Station Divacca der nach Triest führenden Bahnlinie, aus der unsere Abbildung (S. 351) einen Teil, den sogenannten „Müllerdom" mit dem Petrusfelsen darstellt. „Dunkle gigantische Wände wölben", wie A. Geiger-Thuring schreibt, „die Kuppel dieser stolzen Halle von 80 m Höhe, 30 m Breite und 100 m Länge. Die Bodenfläche überflutet ein düsterer See. Unheimlich spiegeln sich die vom Fackelschein erleuchteten Wände in den Fluten, wenn der Führer mit schwankendem Kahne an das andere Ufer fährt, um dort hinter dem Riesenblock, dem „Petrusfelsen", ein Magnesiumlicht abzubrennen. Ein herrliches Schauspiel — der Block wirft auf uns seine gigantischen Schatten, der Hintergrund der Höhle aber flimmert in tausend Lichtern wieder von den nassen Felswänden, und diese Lichter werden abermals tausendfach wieder zurückgeworfen im Spiegel des Wassers. Dazu das dumpfe Grollen aus den fernen Höhlen, das von dem großen Dome aufgefangen und in vielfältigem Echo zurückhallt." Ein enger Felsgang führt in die kleinere Doline, in die der Fluß Recka schäumend sich stürzt. Von da senkt sich der Weg in die große Doline. „Wir umgehen den von der Recka gebildeten See und stehen vor den riesenhaften Abstürzen, auf deren Zinnen die Stefaniewarte herunterleuchtet. Gewaltige Oeffnungen gähnen an den senkrechten Wänden; die schlammerfüllte Tominzgrotte lassen wir rechts liegen und steuern dem zweiten dunklen Thore zu. Eine mächtige Halle umfängt uns. Von der Decke rankt sich wie ein Kronleuchter ein großer grüner Strauch, Felsentauben flattern bei unserm Eintritt erschreckt auf; 30 m hoch wölbt sich der Riesenbogen, und 60 m tief ist dieser mächtige Raum. Durch das hereinfallende grünliche Licht des Tages wird die Grotte eigen beleuchtet.

Nun werden die Laternen angezündet, über eine enge Treppe, die sogenannte „böse Ecke", die wohl einst bei der Erforschung thatsächlich ein böses Stück Arbeit gewesen sein mag, leuchtet der Führer voran und bringt uns in den gewaltigen Rudolfsdom, durch den die Recka bald seeartig, bald eingezwängt sich drängt. Unvergeßliche Bilder folgen nun Schlag auf Schlag. Jeder Schritt fast entlockt uns ein „Ah" der Bewunderung. Fünf Stunden kann man bereits in dieser Unterwelt vordringen und noch immer ist kein Ende der großen, finsteren Wasserstraße, die sich die wilde Recka gebahnt hat, bald enge Klammen, bald niedere Löcher, die dann durch künstliche Tunnels umgangen werden, bald gewaltige Dome durchflutend oder in wilden Sturzwellen und tosenden Fällen den Stein zernagend. Der hinterste Teil der Höhle muß mit Seil und Leiter durchmessen werden. Er bildet einen engen Gang, den sogenannten „Hankekanal", und kann nicht gefahrlos begangen werden, wie überhaupt die Durchforschung solcher Höhlensysteme mitunter ein recht bedenkliches Wagestück ist.

Ein recht beredtes Beispiel bietet in dieser Hinsicht die Lurlochhöhle im Schöckel bei Graz, von derem Innern wir auf S. 352 eine Abbildung geben. Sieben Personen waren vor einigen Jahren in den oberen Teil derselben eingedrungen, konnten aber nicht zurück, weil sich inzwischen der unterhalb der beiden Haupthöhlen gelegene Eingang mit Wasser gefüllt hatte. War schon hierdurch den in der Felzmannhöhle Eingeschlossenen der Rückweg abgeschnitten, so kam noch hinzu, daß die wilden, gurgelnden und tobenden Fluten Baumstämme und Gerölle bis zum Kamin herbeitrugen und diesen förmlich verrammelten. Mehrere Tage lang schwebten die Eingeschlossenen in der Gefahr, in dem dunklen Raume elend verkommen zu müssen, bis ihnen endlich von außen her Hilfe und Rettung kam.

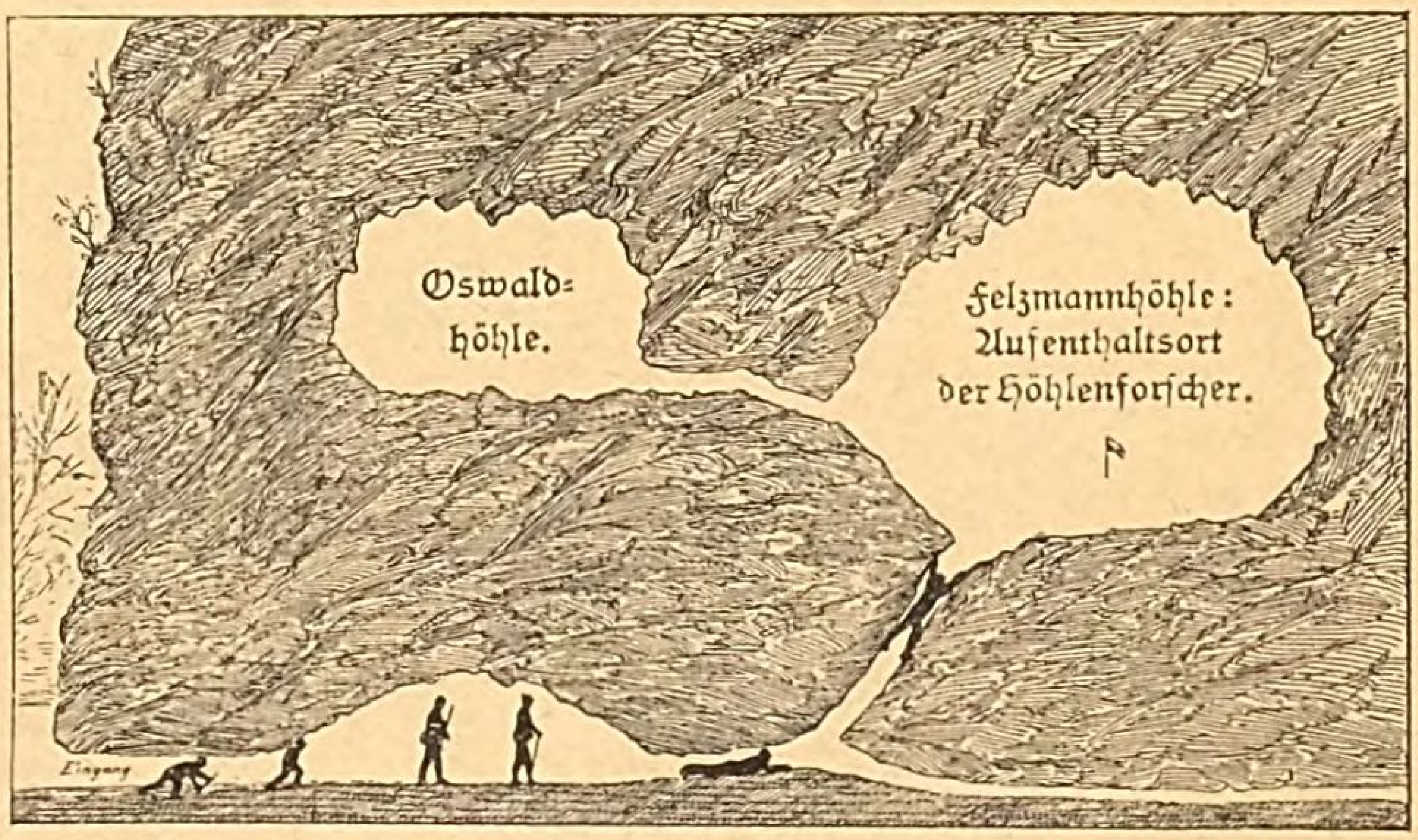
Die hervorragendsten Tropfsteinhöhlen dieser Art sind neben den bereits genannten die von Adelsberg, die Baumanns-, Biels- und Hermanns-Höhle im Harz, die Barbarossa- und Kyffhäuser-Höhle bei Frankenhausen in Thüringen, die Nebelhöhle bei Pfullingen in Schwaben, die Höhle bei Lurag in Nord-Amerika und die schon im Altertum



Grottenbild von St. Canzian.

vielbesuchte Stalaktitengrotte auf der Cykladeninsel **Antiparos** im Aegäischen Meer. Auch auf den Balearen giebt es mehrere Tropfsteinhöhlen dieser Art, darunter die **Cova de A'fygo** bei Ciudadela auf Menorca.

Weitaus am häufigsten sind die aus Kalk gebildeten Tropfsteingebilde, doch hat in neuerer Zeit der amerikanische Staatsgeologe Diller auch solche in sandigem Boden entdeckt, die um so interessanter sind, als ihnen ein hohes Alter zuerkannt werden muß. Der Fundort ist ein Goldbergwerk an der Küste des Staates Oregon, wo aus einem schwarzen Sande Gold gegraben wird. Der schwarze Sand ist hauptsächlich aus kleinen Granitkörnern zusammengesetzt und teilweise durch Eisenoxyd verfestigt. Ueber diesem Sande liegt ein grauer Sand jüngeren Alters, der hauptsächlich aus Quarzkörnern besteht, daneben aber auch viel Feldspatkörner enthält. Diller bemerkte nun, als er an einer Stelle von unten her den schwarzen Sand bis zur Berührungsfläche mit dem grauen Sande entfernt hatte, daß die untere Fläche des letzteren nicht eben, sondern mit stalaktitenähnlichen Auswüchsen bedeckt war, die aber auch aus Sand bestanden. Die Schichtfläche besitzt eine schwache Neigung gegen Westen und auch die Stalaktiten sind sämtlich etwas westwärts geneigt. Ihre Form ist sehr schön ausgebildet, die einen sind nur klein, die anderen aber doppelt, als ob sich zwei Stalaktiten während ihrer Entwickelung vereinigt hätten. In keinem Falle waren sie hohl, wie es bei den Stalaktiten aus kohlensaurem Kalk vielfach vorkommt. Die Entstehung der eigenartigen Bildung ist vorläufig ziemlich rätselhaft geblieben. Die mikroskopische Untersuchung hat festgestellt, daß jedes Sandkorn der Stalaktiten mit einer dünnen Schicht von krystallinischem Quarz umgeben ist, der die kleinen Zwischenräume ausfüllt und die Körner untereinander verbindet. Die einzige Erklärung, die Diller angiebt, die er aber selbst nicht für wahrscheinlich hält, wäre, daß die Oberfläche des darunterliegenden schwarzen Sandes, bevor sich der graue Sand darauf ablagerte, durch den Wind in eigentümlicher Weise ausgenagt und durchhöhlt worden ist, so daß sich später der darauffallende obere Sand in die vorhandenen Vertiefungen hineinsenkte und durch kieselsäurehaltiges Wasser zu den beschriebenen Formen verfestigt wurde. Die Schwierigkeit einer Erklärung wird noch dadurch vermehrt, daß diese Erscheinung noch niemals an anderer Stelle beobachtet worden ist.



Querdurchschnitt der Lurlochhöhle.

Außer den ausgewaschenen Höhlen — die sächsische Schweiz weist eine Anzahl von Höhlen auf, die das Wasser einfach aus dem Sandstein herausgespült hat — giebt es auch solche, die durch Einsturz entstanden sind. Die im vulkanischen Gestein vorkommenden Höhlen sind in den meisten Fällen nur blasige Auftreibungen, die während des Hervorbringens der feuerflüssigen Massen durch die Entwickelung von Gasen und Wasserdämpfen entstanden sind. Die berühmte **Fingalshöhle** auf der Insel Staffa verdankt ihren Ursprung der erodierenden Thätigkeit des Meeres, das die Basaltsäulen, aus denen sie herausgebildet ist, durch Brandung benagt, unterwaschen und in ganzen Gruppen niedergeworfen und weggespült hat. Sehr interessant sind die **Eishöhlen**, deren Temperatur sich infolge der Luftströmungsverhältnisse das ganze Jahr hindurch nahe dem Gefrierpunkte erhält, so daß hier die schönsten Stalaktiten und Stalagmiten aus Eis sich bilden. Besonderen Rufes erfreut sich die **Dobschauer** Eishöhle im ungarischen Komitat Gömör,

die in 848 m Höhe ü. M. gelegen ist und aus zwei vom Eise selbst gebildeten Etagen besteht. Die obere Etage stellt sich als eine 11 m hohe von teils nackten, teils mit Eiskrystallen ausgekleideten Kalkfelsen überwölbte Halle dar, in der Säulen, Pfeiler, Vorhänge u. a. Tropfsteingebilde vom Boden bis zur Decke reichen. Auf 145 in die Eismasse gehauenen Stufen steigt man in die untere Etage, den sogenannten großen Eissaal hinab, wo neben andern großartigen Eisbildungen drei mächtige Eissäulen von 2—3 m Durchmesser stehen. An ihrem östlichen Ende läuft die Höhle in eine höhlenartig erweiterte stets trockene Eisspalte, am südlichen in ein mit Felstrümmern bedecktes Feld aus. Der Körperinhalt des in dieser Höhle aufgespeicherten Eises wird auf 125000 cbm berechnet. Auch im Untersberg bei Salzburg befindet sich eine bemerkenswerte Eishöhle, die sogenannte Kolowrat-Höhle. Das ausgedehnteste von allen Höhlensystemen dürfte wohl die Mammutshöhle bei Green-River im nordamerikanischen Staate Kentucky sein, die in ihrem Hauptzuge 15, mit allen Seitengängen und Verzweigungen 240 km Ausdehnung haben soll.

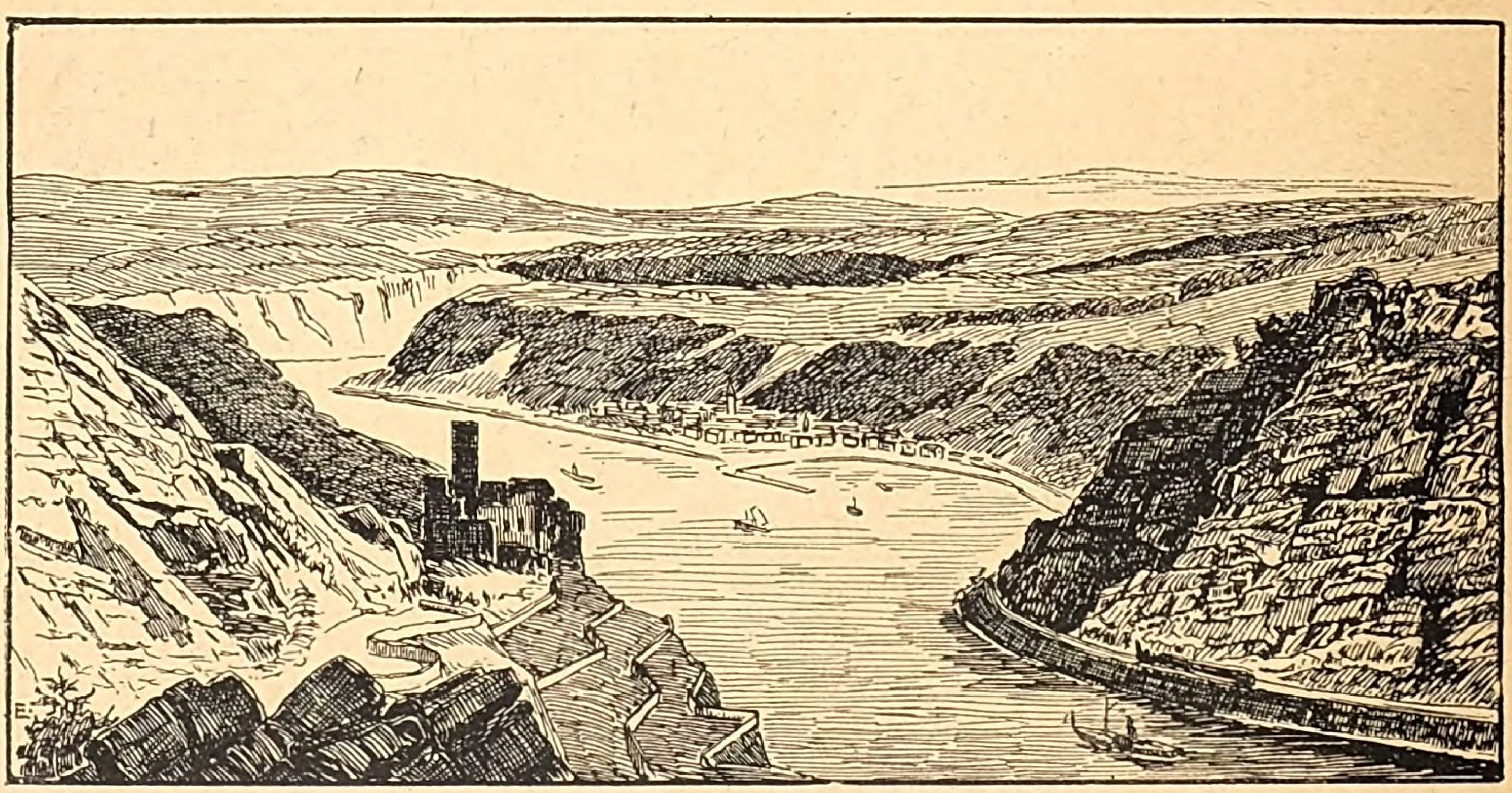
Wie wir gesehen haben, ist das Wasser, das die Höhlen gebildet hat, und in oft sehr ausgedehnten Zügen dieselben durchfließt, durch Versickerung in den Boden gelangt. Man schätzt denjenigen Teil der Niederschlagsmenge, der auf solche Weise von der Erdoberfläche verschwindet, auf ein Drittel derselben; ein weiteres Drittel läuft an derselben ab und vereinigt sich in Bächen, Flüssen und Strömen, um dem Meere zuzueilen und das letzte Drittel kehrt durch Verdunstung sofort wieder in die Atmosphäre zurück. Daß eine Versickerung auch aus Wasserläufen und deren Ausbreitungen (Seen) stattfinden kann, ist selbstverständlich; den besten Beweis liefern die zahlreichen Alpenseen, die ihr Niveau wenig oder garnicht verändern, obwohl sie keinen Abfluß haben, sowie jene Seen im Karst, die, wie beispielsweise der Zirknitzersee in Krain, sich zeitweise füllen und wieder ablaufen. Das Sickerwasser sucht sich seinen Weg durch losen Boden und durchlässiges Gestein nach der Tiefe. Durchlässig ist jede Gesteinart ohne alle Ausnahme, doch unterscheidet man zwischen solchen Gesteinen, die das Wasser mit Leichtigkeit durchdringt, und solchen, die ihm nur in sehr geringem Maße Durchlaß gewähren; man bezeichnet letztere als undurchlässig. Unter diesen nimmt der Thon und seine mineralischen Verbindungen den ersten Rang ein, wogegen die Kalke als die durchlässigsten Gesteinarten zu betrachten sind.

Sobald das Sickerwasser, das man als Grundwasser bezeichnet, auf eine undurchlässige Schicht stößt, sammelt es sich und sucht, dem Gesetze der Schwere folgend, den tiefsten Punkt zu gewinnen, wobei es je nach dem größeren oder geringeren Grade der Durchlässigkeit der von ihm durchtränkten Schichten rascher oder langsamer nach der Tiefe zu vorschreitet, so daß sein Niveau durchaus kein so gleichmäßiges ist, wie etwa der Spiegel eines Sees, sondern sich vielmehr annähernd der Gestalt der Bodenoberfläche anschließt, soweit diese von gleichmäßiger Durchlässigkeit ist, oder den verschiedenen Durchlässigkeitsverhältnissen sich anpaßt. Begegnet das von oben eingedrungene Grundwasser den „Infiltrationen" von Flüssen oder Wasserbecken, d. h. dem von diesen nach den Seiten hin durchsickernden Wasser, so vereinigt es sich mit diesen und tritt in das Fluß- oder Seewasser über.

In den Flußbetten wirkt das mit Sand und Geröllen beladene Wasser nach der Art einer Säge, deren Zähne hier die von ihm mitgeführten festen Körper bilden. Die Wirkung auf den Boden des Flußbettes erfolgt demnach in senkrechter Richtung und kann je nach den Verhältnissen, dem Gefälle, des Härtegrades, des erodierenden Materials und desjenigen, das den Boden des Bettes bildet, eine sehr rasche sein. Neumayr führt als Beispiel hierfür den Fluß Simeto in Sizilien an, dessen Lauf im Jahre 1603 durch einen Lavastrom des Etna abgedämmt worden war, der sich aber seither durch diese Barre ein Bett von 50 bis über 100 Fuß Tiefe und 40 bis 50 Fuß Breite genagt hat. In kalifornischen Goldwäschereien ist die Wirkung des mit Geröll und Sand erfüllten abfließenden Wassers so stark, daß binnen Jahresfrist eine 10—20 Fuß tiefe Rinne in dem festen Basaltgrund eingeschnitten wurde. Von der Terrassenbildung durch fließendes Wasser ist

bereits die Rede gewesen; man findet dieselbe auch in den höheren Thälern der Alpen zuweilen sehr schön entwickelt. Folgt man einem solchen in der Richtung seiner Steigung, so wechseln ziemlich ebene Strecken mit steileren Stufen ab, so daß man eine Reihe von hintereinander aufsteigenden Terrassen überschreitet. Wo sich an eine solche Stufe ein Steilrand anschließt, findet man diesen mehr oder weniger deutlich thalabwärts auch an den Seitenwänden noch eine Strecke weit markiert. Jede dieser Terrassen stellt somit den Ueberrest eines Thalbodens dar, der sich dereinst einheitlich fortgesetzt hat, und in dem dann der Fluß sein Bett — zunächst bis zur folgenden Terrasse herab — einschnitt.

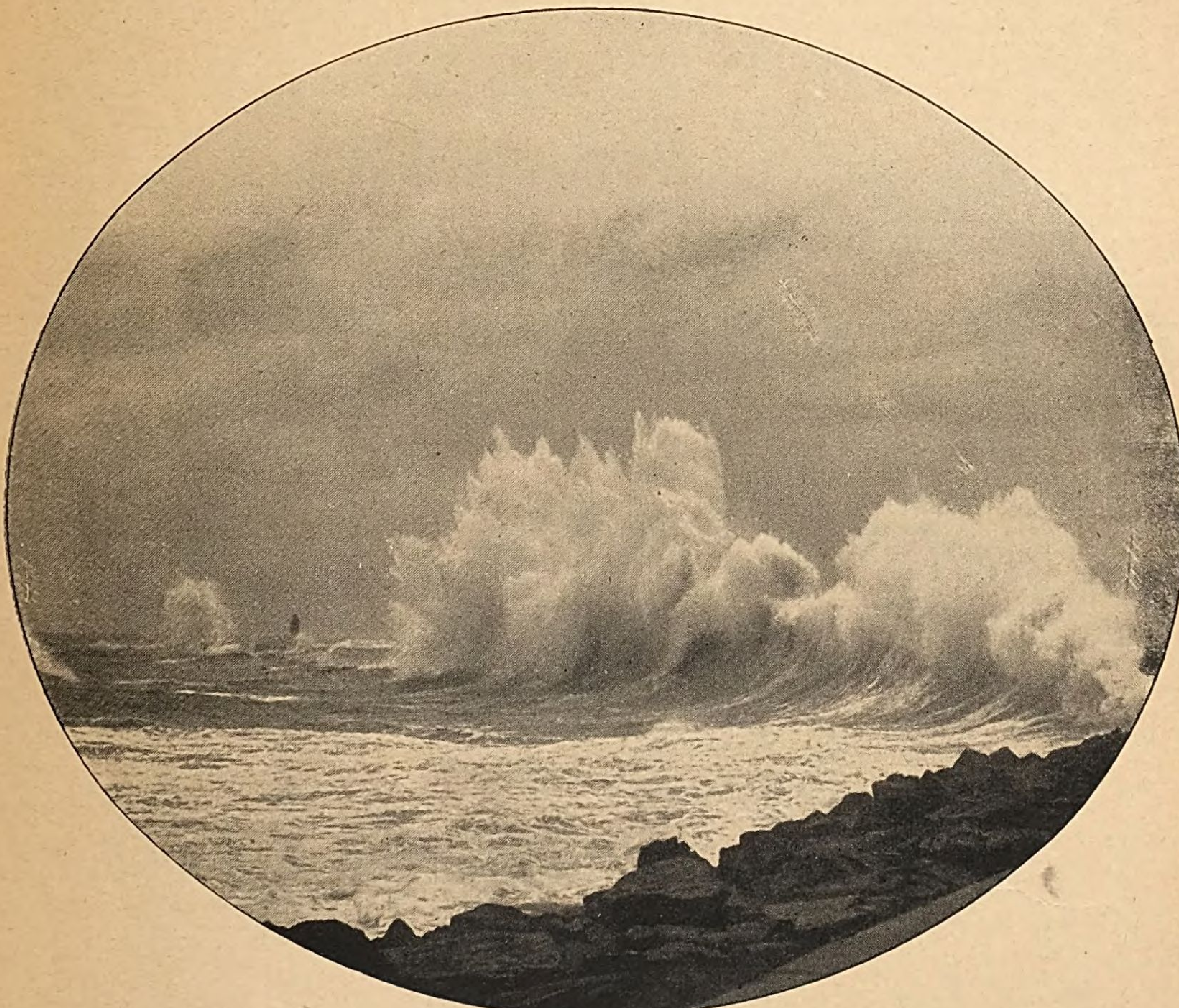
In den Flüssen gelangen die größten Blöcke in der Regel nicht weit thalabwärts, sondern bleiben im oberen Laufe derselben zurück; das Geröll wird im Mittellaufe abgesetzt, und der Sand bildet den Ueberrest des Materials und lagert sich im Unterlaufe der Flüsse ab, wobei noch eine weitere Sortierung in dem Sinne eintritt, daß der abgelagerte Sand desto feiner ist, je weiter er thalab befördert wurde. Dem entsprechend ist



Durchbruch des Rheines durch das Thonschieferplateau
bei St. Goar.

auch die Erosion, die mit Hilfe dieses Materials zu stande kommt, am stärksten im oberen Laufe des Flusses, in welchem das Wasser in der Regel auch die größte Kraftwirkung ausübt. Im Mittellaufe nehmen die Veränderungen des Bodens, die durch die Erosion verursacht werden, einen gleichmäßigeren Charakter an, und im Unterlaufe beschränken sie sich auf Ausspülung der Ufer und Anhäufung von Sand. Sobald aber der Fluß in seinem Laufe ein Hindernis findet, verändern sich die Verhältnisse und werden erst wieder regelmäßig, wenn das Hindernis beseitigt ist. So finden wir beispielsweise am Oberrhein, in der Strecke zwischen Basel bis gegen Rüdesheim hin, alle Eigentümlichkeiten des Mittellaufes eines Stromes vertreten: breiten Thalboden bei mäßig erhöhten Ufergeländen, Inselbildung, mäßiges Gefälle und stetige aber verhältnismäßig geringe Verbreitung des Flußbettes. Unterhalb Rüdesheim bei Bingen verschmälert sich sein Bett aber plötzlich und der Strom nimmt einen völlig veränderten Charakter an. Unsere Abbildung zeigt eine Stelle des Durchbruches des Rheines durch das Thonschieferplateau bei St. Goar, und die scharfen Windungen, die der Strom zwischen den schroffen Felswänden hindurch macht, lassen erkennen, welche gewaltige Arbeit dieser Durchbruch erfordert hat. Je flacher das Land wird, desto mehr verbreitet sich die Wirkung der Erosion über dessen Oberfläche;

es entstehen zahlreiche Inseln und Arme, die sich bei manchen Strömen in der Nähe der Mündungsstelle als ein aus zahllosen Fäden gesponnenes Netz über viele Quadratmeilen verbreiten. Zu derlei Bildungen trägt aber die Erosion nicht bloß unmittelbar bei, sondern dieselben entstehen auch durch die Anhäufung der vom Flusse mitgeführten Ablagerungen, welche hier Untiefen oder Inseln bilden, wodurch der Wasserlauf genötigt ist, sich nach der seitlichen Richtung hin zu verbreiten. Die Ausfüllung des Strombettes durch solche Ablagerungen erfolgt oft bis weit vor dessen ursprüngliche Mündungsstelle hinaus; so rückt

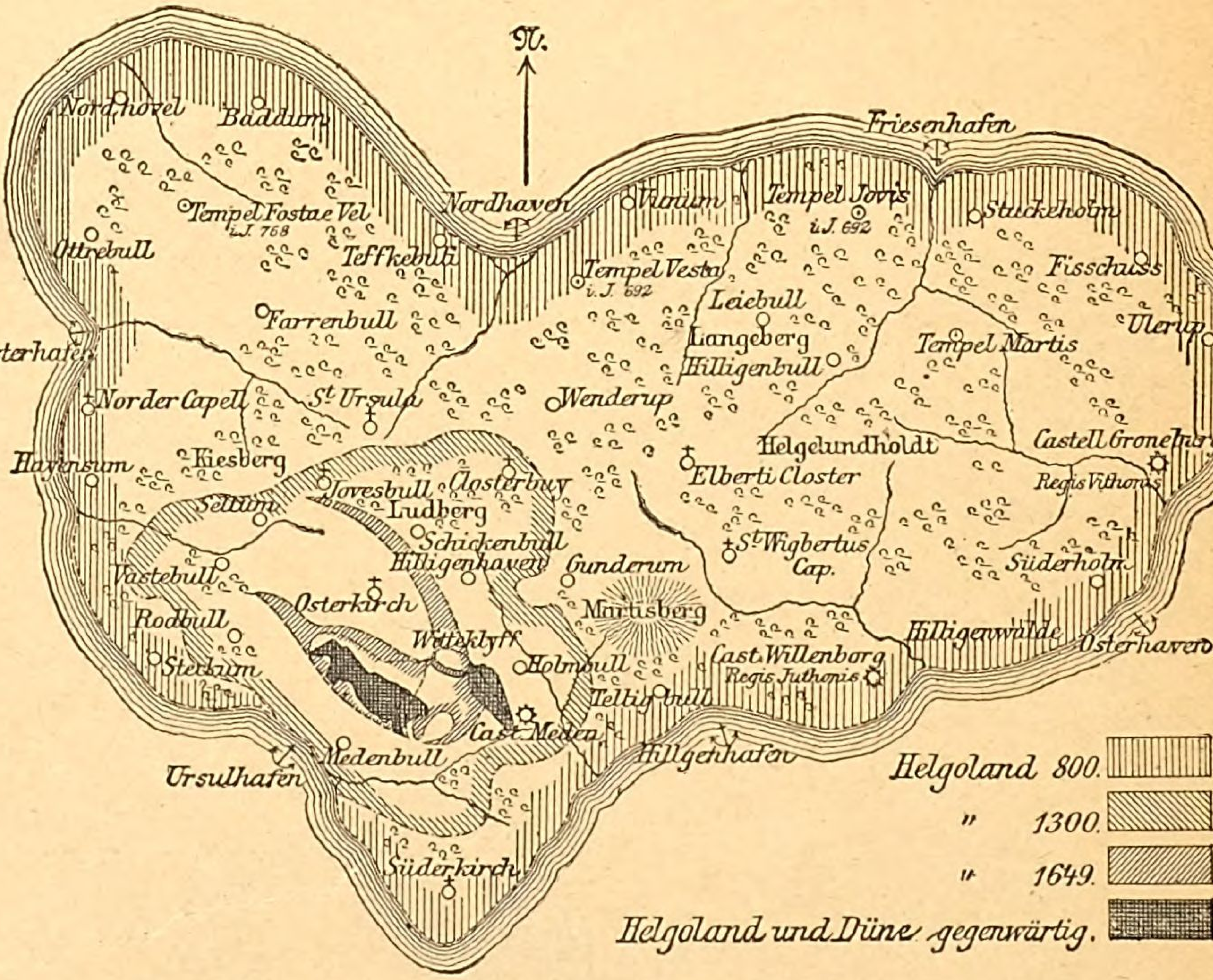


Wellenbrechung
am Strande von Colombo auf Ceylon.

z. B. die Mündung des in das Kaspische Meer sich ergießenden Terek infolge des Anwachsens seiner Ablagerung jährlich um nahezu 500 m gegen das genannte Meer vor. Man nennt die auf solche Weise entstandenen Mündungsformen „Deltas“; der Name ist von den Alten zuerst dem Mündungsgebiete des Nil gegeben worden und bezieht sich auf die dreieckige Form desselben, die mit derjenigen des griechischen Buchstaben Delta übereinstimmt. Die vom Nil-Delta eingenommene Oberfläche beträgt nach Reclus 22276 qkm. Der Po befördert nach den Berechnungen von Lombardini jährlich 42760000 cbm Material an die Küste und verlängert die Küstenstrecke seines Deltas um jährlich 70 m. Für die Verbreitung des Mississippi-Delta wird die jährliche Ziffer von 79 m bis 101 m

angegeben, so daß sie im Mittel 90 m betragen dürfte. Der **Ganges** führt bei einer mittleren jährlichen Wassermasse von 7700 cbm für die Sekunde mehr als 197 Millionen cbm erdiger Stoffe ins Meer; sein Delta ist das größte der Erde, denn es umfaßt annähernd 44000 qkm, wobei allerdings zu bemerken ist, daß sich die Mündungen eines zweiten großen Stromes, des **Brahmaputra**, mit dem seinigen vereinen. In den in diesem Delta aufgehäuften mit üppigem Pflanzenwuchs überwucherten Schwemmlande ist die Heimat der Cholera.

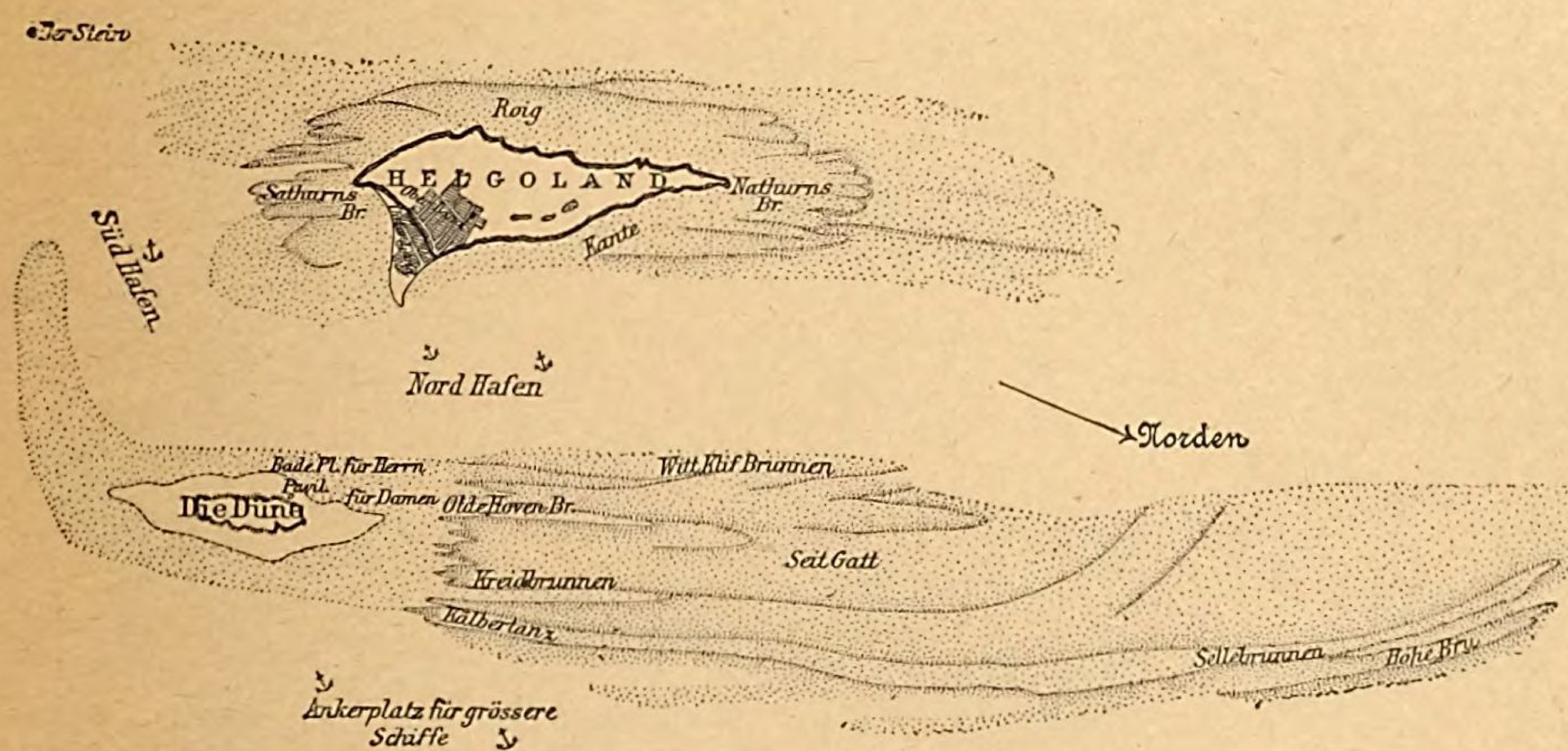
Wir haben nun die hauptsächlichsten von den mannigfaltigen Wirkungen des Niederschlags- und fließenden Wassers auf die Erdoberfläche und ihre Veränderungen kennen gelernt und wenden uns jetzt dem **Meere** zu, diesem Sammelbecken für alle Gewässer der Erde. Das Meerwasser zeichnet sich vor dem sogenannten Süßwasser, das aus den Wolken



Uebersicht der mutmaßlichen früheren Größe Helgolands.

niedertaut und die Flüsse und Ströme füllt, durch seinen reichlichen Gehalt an Salzen verschiedener Art aus; 1 kg Meerwasser enthält über 34 g solcher Salze, und unter diesen spielt wieder das Kochsalz die wichtigste Rolle, da es etwa $^4/_5$ der Gesamtmenge bildet. Das Mischungsverhältnis ist indes keineswegs überall das gleiche; da, wo Flüsse in das Meer münden, bildet das Wasser derselben auf große Strecken hin eine Oberflächenschicht, die sich, weil das specifische Gewicht des Süßwassers ein geringeres ist als dasjenige des Meerwassers, nur langsam mit diesem vermengt. Die ungeheuren Eismassen auf den Festländern und Inseln der Polarregionen, die durchwegs aus Niederschlagswasser gebildet sind, entsenden in die sie begrenzenden Meere und noch weiter bis zum 40. Breitengrade herab schwimmende Eisberge, die dem Meerwasser gleichfalls große Mengen von Süßwasser zuführen, so daß hier eine Verminderung des Salzgehaltes eintritt, wogegen umgekehrt unter den heißen Himmelsstrichen infolge der starken Verdunstung des Wassers an der Meeresoberfläche eine Erhöhung des Salzgehaltes stattfindet. Die hierdurch her-

vorgerufenen Abweichungen sind aber schon an sich sehr unbedeutend und werden durch die Meeresströmungen, die die Oceane nach allen Richtungen durchfließen, immer wieder ausgeglichen. Trotz seines reichen Gehaltes an mineralischen Bestandteilen setzt aber das Meerwasser nur außerordentlich geringe Ablagerungen auf dem Meeresgrunde ab, und bei allen Tiefseeuntersuchungen, die in neuerer Zeit in ausgedehntestem Maßstabe vorgenommen worden sind, hat man im offenen Meere nirgends solche Ablagerungen entdecken können. Wenn hiernach die chemische Einwirkung des Meerwassers auf den von ihm bespülten oder bedeckten Boden eine kaum nennenswerte ist — natürlich abgesehen von der Auslaugung der löslichen Bodenbestandteile, aus denen es eben seinen reichen Salzgehalt aufnimmt —, so fallen umsomehr die mechanischen Wirkungen desselben in Betracht. Wer jemals das Schauspiel der Meeresbrandung gesehen hat, wie es unser Bild auf S. 355 nach einer photographischen Momentaufnahme in besonders großartiger Weise vorführt, der kann sich eine Vorstellung von der zerstörenden Wirkung machen, die das unaufhörliche Anprallen der Wogen auf die Säume der Küstenstriche ausüben muß. Da in tiefem Wasser der Wellengang an der Oberfläche ein rascherer ist als in seichtem, so stürzen die von außen herkommenden Wogen über diejenigen, die der Küste bereits nähergerückt sind, und über-



Helgoland in seiner heutigen Gestalt.

schlagen sich mit großer Gewalt; jede vorhergehende Welle wird durch die sie einholende nachfolgende vergrößert, und dadurch erhöht sich der Wellenberg immer mehr, bis er schließlich überstürzt. An steilen Ufern oder Hafenbauten erreichen die anprallenden Wellen oft eine Höhe von 30 m und darüber. Selbst das festeste Felsgestein kann solchen Angriffen nicht widerstehen; es wird zernagt, in Klippen und Riffe zerrissen und schließlich niedergeworfen. Ein beredtes Bild dieser zerstörenden Wirkung der Meereswelle zeigt unser deutsches Helgoland. Die Abbildung auf S. 356 stellt dieses Felseneiland zunächst in seinen Umrissen dar, wie sie mutmaßlich zur Zeit Karls des Großen bestanden hatten; ein halbes Jahrtausend später sehen wir dasselbe bereits auf etwa den vierten Teil seines damaligen Umfanges zusammengeschrumpft; nach weiteren vierthalb Jahrhunderten ist es wieder nur ein Viertel jenes Bestandes, und den heutigen Stand zeigen die beiden kleinen kreuzweise schraffierten Fleckchen, sowie — im Einzelnen ausgeführt — die obenstehende Abbildung. Bedenkt man, daß Helgoland sich geologisch an das deutsche Festland anschließt und daher in vorgeschichtlicher Zeit mit demselben unmittelbar zusammengehangen hat, so erkennt man erst die Veränderungen, die sich hier vollzogen haben, in ihrer vollen Bedeutung. Allerdings darf nicht vergessen werden, daß die Veränderungen in der Verteilung von Land und Meer nur zum kleinsten Teile durch die zerstörende Kraft dieses letzteren verursacht werden, da sie sich stets auf die jeweiligen Küsten beschränken; die

bedeutendste Rolle spielen in dieser Beziehung die schon des Näheren besprochenen unterirdischen Kräfte, welche die Hebung und Senkung der Festländer bewirkt haben.

Am großartigsten kommt die mechanische Wirkung des Meerwassers da zur Geltung, wo dasselbe steil aufragende Küsten bespült. „Jedermann hat", wie Schweiger-Lerchenfeld in seinem Werke „Die Erde in Karten und Bildern" schreibt, „von den pittoresken Zerklüftungen und Küstenriffen vernommen, welche man Fjorde nennt. Die Fjorde in ihrer heutigen Gestalt sind aber keineswegs das, was sie früher waren. Die Gletscher, welche einst die ganze skandinavische Halbinsel bedeckten, füllten die durch ältere geodynamische Vorgänge hervorgerufenen Spaltungen und Zerklüftungen aus und vermehrten dem Meere den Zugang zu demselben. Nach dem Hereinbruche einer neuen geologischen Epoche und dem Zurücktreten der Gletschermassen war dem Meere kein Damm mehr entgegengestellt. Die schroffen Felswände wurden „modelliert", ausgewaschen, zerbröckelt; die Tiefen der Fjorde durch die Geröll- und Schuttablagerungen der Gletscher- und Bergmassen verseichtet.

Diese ausgleichende Thätigkeit kommt besonders auffallend an minder steilen Küsten zur Geltung. Die Folge ist, daß das Kartenbild der meisten Küsten lange nicht jene Mannigfaltigkeit besitzt, wie sie eine „ideale" Küstenkarte darbieten würde, wenn wir uns den Meeresspiegel etwa um 100 bis 200 Faden emporgehoben denken. In diesem Falle gäbe es eine Unzahl von Baien, Buchten, Fjorden, langgestreckten und vielfach gewundenen Meereskanälen.

Ein klassisches Beispiel von einer Steilküste, auf welche das Meer umformend wirkt, giebt uns die Südwestküste von England ab. Um Kap Lizard erheben sich Felsen, die in scharfen Zinken, Hörnern, Säulen, in rauhen und glatten Wänden in das tosende Meer abtauchen. Es hat einen guten Angriffspunkt hier, wo die Spitze des Landes ihre eherne Brust dem breiten Wogenschwalle des Oceans entgegenhält. Seit unendlichen Zeiten ringt hier das Meer um neuen Raum. Aber das Zerstörungswerk geht gleichwohl langsam vor sich, so daß die Generationen, welche einander folgen, sichtliche Zeichen hiervon nicht wahrnehmen. Wenn freilich ein Kenner dieser Küstenlandschaft aus längst entschwundenen Jahrhunderten dieselbe wieder in Augenschein nehmen könnte, würde er allenfalls berichten von diesem oder jenem gigantischen Pfeiler, der nicht mehr ist, von Wänden, die er gekannt, die nun zerbröckelt dem Einsturz drohen, von massigen Klippen, mit Löchern und Thoren versehen.

„Im großen Ganzen bedingen, wie O. Peschel schreibt, die mechanischen Wirkungen des Meeres eine „Modellierung der Küsten". Man gewahrt dies am besten an den wild zerrissenen Küsten Norwegens, den merkwürdigen Fjorden. Alles, was hier die Natur von Haus aus starr und eckig gemacht hatte, erhielt unter dem fortgesetzten mechanischen Einflusse des Meeres eine Milderung der Formen und Umrisse." Wir können hier den Prozeß der Zertrümmerung in allen Stadien studieren, von den steilen, überhängenden Felsmassen, den unnahbaren schwarzen Mauern und Wänden, an denen die wilde Brandung erbarmungslos jedes Schiff zerschmettert, das ihr nahekommt; von den Felsthoren und schmalen Graten bis zu den Inseln und Klippen, die unzählbar die zerrissenen, öden Felsgestade umsäumen." Die Fjordenbildung wiederholt sich an mehreren Punkten unseres Planeten, nächst Norwegen am großartigsten auf Island, Spitzbergen und Grönland.

An Flachküsten besorgt das Meer doppelte Arbeit: es zerstört entweder mit aller Gewalt oder es lagert bewegliche Materialien an. Die Auflagerungen werden von der Brandung bewirkt und findet die Schichtung des Materials vom Ufer nach der Tiefsee hin statt. Das grobe Gerölle bleibt zunächst am Ufer liegen und bewirkt die sogenannte „littorale Bildung". Sand und Schlamm aber werden durch den Rücklauf der Wellen — die „Widersee" — in einiger Entfernung vom Ufer als „subpelagische Bildung" abgelagert. Am auffallendsten tritt uns die Uferbildung aus leichtem Materiale an den sogenannten „Haffen" entgegen. Flußmündungen, welche in höherem Maße den Niveauschwankungen des Meeres infolge der Gezeiten ausgesetzt sind, sind nicht in der Lage, die Sedimente,

die sie mitführen, ins Meer zu tragen. Bei jedesmaligem Eintritte der Flut findet eine Stauung des Flusses an der Mündung statt, und die bedingt eine Ablagerung der Sedimente im unmittelbaren Bereiche der Mündung. Treten noch Strömungen, Brandung, Wind dazu, so entstehen seeseits vor den Flußmündungen Wehren aus Schlamm und Sand, wodurch zwischen Meer und Flußmündung Zwischenbecken entstehen. Diese Becken nennt man Haffe. Die schmalen Wehren, Landzungen, heißen an den Küsten der Ostsee, wo diese Erscheinung am deutlichsten sich ausprägt, Nehrungen."

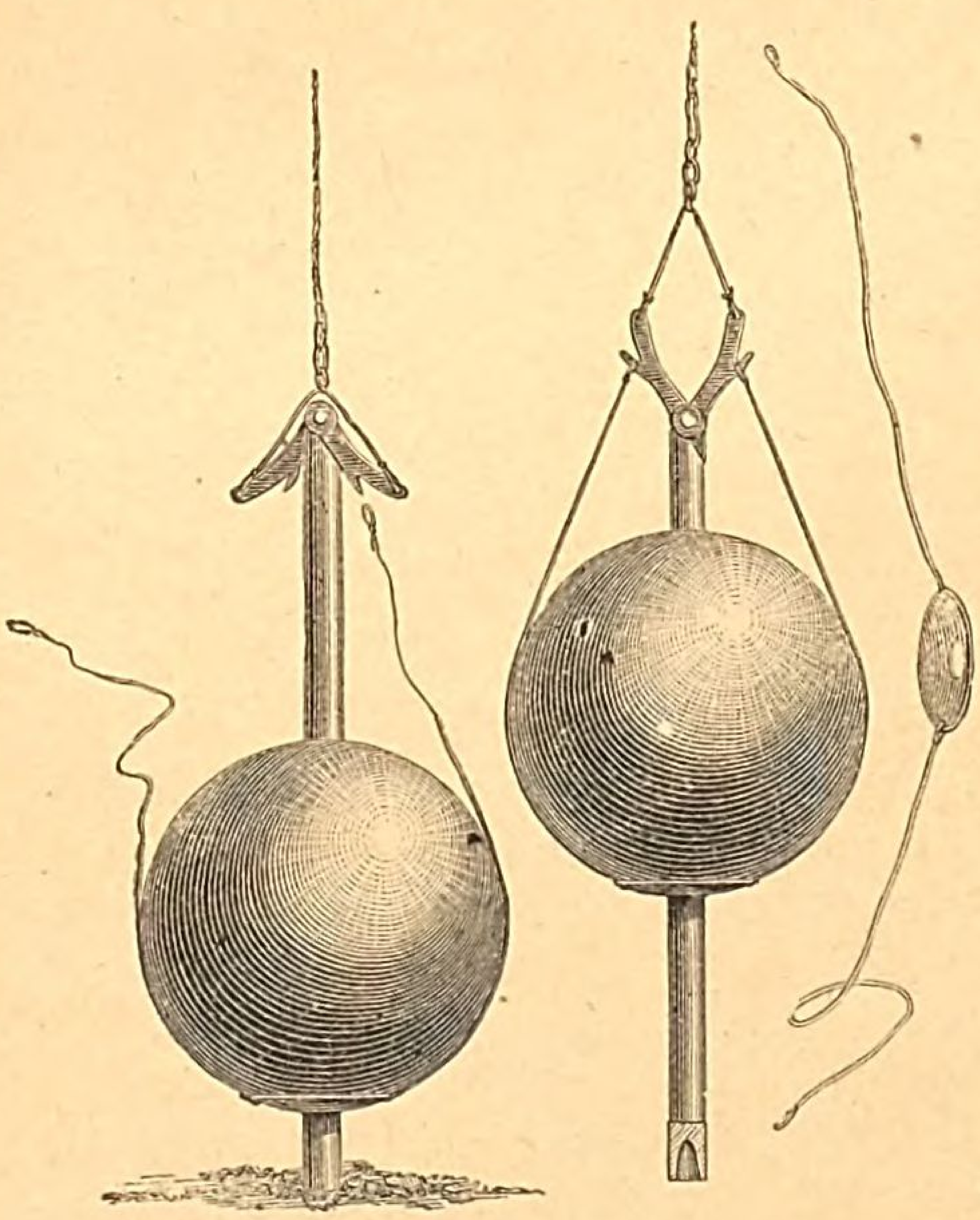
Von den Dünen, welche diese Nehrungen bilden, war bereits im vorhergehenden Kapitel die Rede, ebenso von ihren zerstörenden Wirkungen. Hier sei noch eine der letzteren angeführt, bei der das Wasser mit eine Rolle spielt. Am deutlichsten gelangt dieselbe an den „Landes" an der Westküste des südlichen Frankreich zur Geltung, wo die Dünen hauptsächliche Ursache der Versumpfung und Verbrackung des Küstenstriches sind. Die Bäche und Flüsse können nämlich wegen des vorliegenden Hindernisses nicht zum Meere abfließen und bilden eine fortgesetzte Kette von Lachen, Teichen und kleinen Seen, deren verderbliche Ausdünstung die Ansiedelung verhindern.

Den weitaus umfangreichsten und wichtigsten Einfluß auf die Gestaltung der Erdoberfläche hat das Meer durch seine Ablagerungen, die schon mehrfach erwähnten Sedimente, ausgeübt, die ihm von den Flüssen und Strömen zugeführt werden und die auf dem Grunde des Meeresbodens zu mächtigen Gesteinsschichten anwachsen. Nur das in Wirklichkeit nirgends mehr vorhandene Urgestein und die aus Lavaergüssen durch allmähliche Umwandlung entstandenen Eruptivgesteine sind nicht als Produkte des Meeres anzusehen; alles übrige Gestein der Erde ist unter Mitwirkung des Wassers aus solchen Ablagerungen entstanden. Es ist daher wohl begreiflich, daß die forschende Naturwissenschaft den geheimnisvollen Tiefen ein besonderes Interesse zuwendet, in welchen diese Bildungen sich vor ungezählten Jahrtausenden vollzogen haben und noch zur Zeit vollziehen. Dieses Interesse erstreckt sich auch auf die Gestalt des Meeresgrundes selbst, von der man sich noch bis in die neuere Zeit sehr mangelhafte und unrichtige Vorstellungen gemacht hat.

Wenn auch bei der Abschätzung der Tiefe des Mittelmeeres bereits die Alten so ziemlich das Richtige gefunden haben, indem sie diese auf etwa 15 Stadien (3000 m) anschlugen, so war für sie doch der große Ocean, den sie sich als ein die ganze Erde umschlingendes Band vorstellten, etwas Unnahbares und Uebernatürliches, das sie sich in unmittelbarem Zusammenhange mit der Unterwelt dachten. Auch die Wissenschaft blieb lange im Unklaren über die Tiefenverhältnisse des Meeres. Sie überließ die Erkundung derselben den Seefahrern, deren unzulängliche Meßinstrumente nur für geringe Tiefen ausreichten. Ihre Lotleinen waren selbst zur Zeit der großen überseeischen Entdeckungen nur etwa 400 m lang, und von den Widerständen, die bei der Messung großer Tiefen zu überwinden sind, machte man sich bis in die neueste Zeit gar keine Vorstellung. Als die Seefahrer unseres Jahrhunderts in Verbindung mit Gelehrten die Oceane genauer zu durchforschen begannen, trat in dieser Beziehung zunächst eher ein Rückschritt als ein Fortschritt ein. Während man sich früher damit begnügt hatte, bei der Annahme der Alten zu verharren, die eine Uebereinstimmung der Maße der überirdischen Erhöhungen und der unterseeischen Vertiefungen voraussetzte und damit so ziemlich das Richtige traf, gelangte man bei den ersten Tiefseemessungen, die ungefähr um die Mitte unseres Jahrhunderts vorgenommen wurden, zu ganz ungeheuren Ergebnissen. So glaubte beispielsweise der britische Kapitän Denham zwischen der Mündung des La Plata-Stromes in Süd-Amerika und der östlich davon ungefähr halbwegs zwischen dieser und dem Kap der Guten Hoffnung gelegenen Insel Tristan da Cunha eine Meerestiefe von 14 092 m gelotet zu haben, und etwas mehr westlich von jener Stelle konnte der Amerikaner Parker noch bei 15 179 m mit seinem Lote keinen Grund finden. Die Ursache dieser Messungsfehler lag eben darin, daß die angewendeten Instrumente zur Erreichung richtiger Messungsergebnisse nicht geeignet waren. Die Leine, an der das Lot in die Tiefe niedergelassen wurde, fand an dem sie

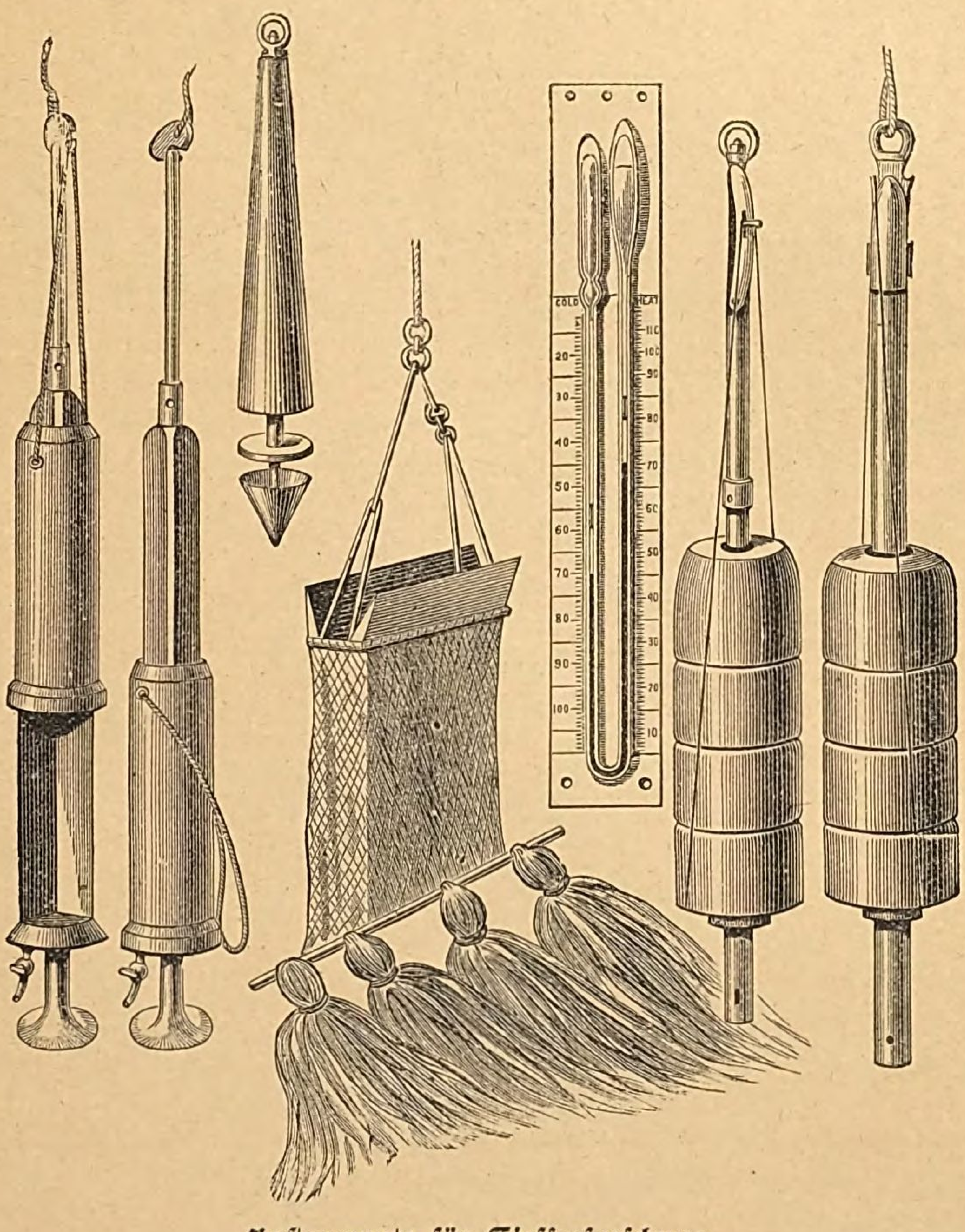
umgebenden Wasser einen bedeutenden Reibungswiderstand, der sich natürlich bei wachsender Tiefe mehr und mehr steigerte, so daß der Augenblick, in welchem das Lot den Meeresgrund berührte, sehr leicht übersehen werden konnte und infolgedessen die Leine immer noch mehr abgelassen wurde, nachdem das Lot bereits längst auf dem Boden festsaß. Diesem Uebelstande wurde erst durch den amerikanischen Marineoffizier Brooke abgeholfen, der das in der untenstehenden Abbildung dargestellte Tieflot erfand.

Dasselbe besteht in der Hauptsache aus einer 29 kg schweren Kugel, deren Achse durchbohrt ist, so daß die Kugel über einen von der Lotleine getragenen Cylinder geschoben werden kann. Die Leine ist an einer Art Zange befestigt, die am oberen Ende des Cylinders angebracht und beiderseits mit Widerhaken versehen ist, an denen die Kugel noch besonders mittels einer unter ihr durchlaufenden Leine aufgehängt wird. Das untere Ende des Cylinders ragt durch die Kugel hindurch noch ziemlich weit nach unten hin vor, so daß es den Boden früher erreicht, als die Kugel selbst. Sobald aber die Berührung des Grundes erfolgt, gleitet die Kugel infolge ihrer Schwere an dem Cylinder herab, denn die Leine, die durch das Aufstoßen dieses letzteren auf den Boden ihrer Last entledigt wird, senkt sich nun vermöge ihrer Schwere gegen den Cylinder herab, die beweglichen Teile der Zange klappen nieder und die Enden der Leine, die die Kugel getragen hatte, gleiten von denselben ab, die Kugel bleibt auf dem Meeresboden zurück und der Beobachter, der an dem plötzlichen Nachlassen des Zuges des Lotes das Abfallen der Kugel und damit zugleich das Auftreffen des Lotes auf dem Grunde sofort wahrgenommen hat, zieht den Cylinder zurück. An der Leine kann nun die vom Lot erreichte Tiefe einfach abgelesen werden. Damit wäre aber der Zweck der Beobachtung nur einseitig erreicht; der Beobachter will auch die Beschaffenheit des Grundes, auf welchen sein Lot getroffen hat, erkennen. Zu diesem Behufe ist der Cylinder an seinem unteren Ende ausgehöhlt. Die Innenwand der Höhlung wird mit Talg bestrichen, um das Festhaften der beim Aufprallen des Cylinders auf dem Meeresgrunde in das Innere eingedrungenen Teilchen zu bewirken; bei anderen Instrumenten dieser Art wird das Herausfallen des Inhaltes des Cylinders durch eine Art Ventil verhindert. Auf solche Weise können Schlamm, Sand, Ueberreste von Tieren, Pflanzenteile und andere Gegenstände ans Tageslicht befördert werden. In neuerer Zeit bedient man sich indes in weit ausgiebigerer Weise eines Schleppnetzes, wie unsere Abbildung auf S. 361 ein solches darstellt. Zur Lotung in geringeren Tiefen bis zu etwa 1500 m bedient man sich eines Bleilotes, das an seinem unteren Ende eine cylinderartige Kammer mit Klappventil zur Aufnahme von Bodenproben hat. Das Gewicht dieses Lotes beträgt mehrere Centner, die Leine, die es trägt, ist von 50 zu 50 m mit verschiedenfarbiger Wolle gezeichnet. Das Meerwasser wird vom Grunde mittels einer Flasche heraufgeholt, die auf unserer Abbildung links in leerem und daneben in gefülltem Zustande dargestellt ist. Neben der gefüllten Wasserflasche zeigt unsere Abbildung oben ein Becherlot, welches dazu dient, beim Einsinken in den Meeresboden eine Quantität seines Schlammes aufzunehmen, beim Aufziehen des Lotes fällt ein Deckel auf den Becher, um das Wegspülen der Bodenprobe zu verhindern. Die Messung der Temperatur in der Meerestiefe



Brookes Tieffeelot.

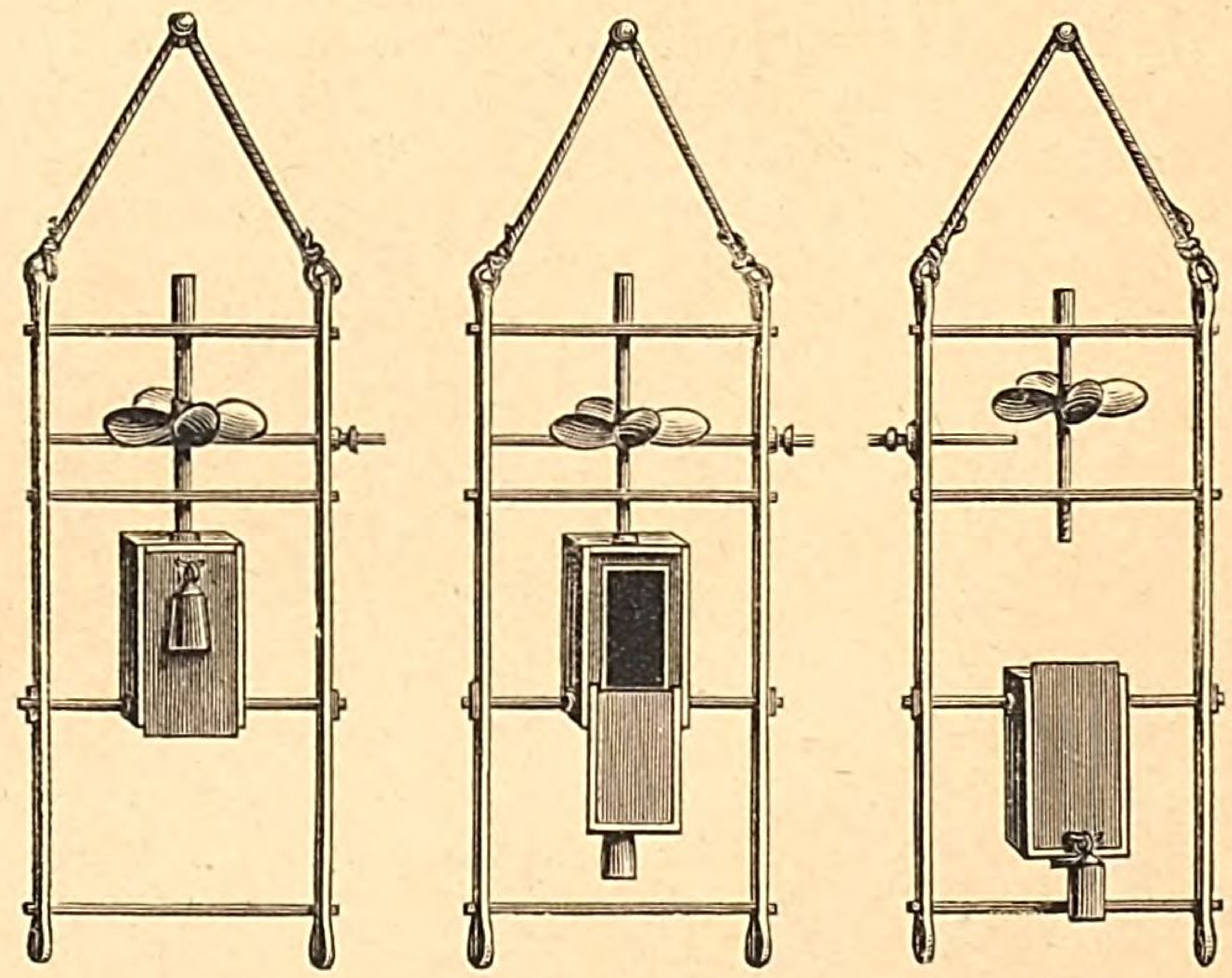
wird mittels eines selbst registrierenden Maximum- und Minimum-Thermometers vorgenommen, das in eine sehr feste Kapsel eingeschlossen ist, die es vor dem Zerdrücken durch die Wucht des darüber lastenden Meerwassers zu schützen hat. Die Einrichtung dieses Thermometers ist ebenfalls aus unserer Abbildung zu ersehen. Als Tiefseelot neuerer Konstruktion sei hier noch der „Hydrasinker" angeführt, der in den beiden Abbildungen rechts vom Thermometer veranschaulicht ist. Er besteht aus einer messingenen Röhre von etwa 4 cm Durchmesser und 110 cm Länge und hat an seinem unteren Ende ein Klappventil, am oberen Ende eine 78 cm lange bewegliche Feder, die gegen einen am oberen Teil der Röhre befindlichen Zapfen drückt. Eine Anzahl eiserner Gewichte, von denen je eines auf 2000 m zu messender Tiefe gerechnet wird, sind an dieser Röhre aufgereiht. Beim Auftreffen des Apparates auf dem Meeresgrunde tritt ein Ausschaltungsmechanismus in Wirksamkeit, der das Herabgleiten der Gewichtsstücke von der Röhre bewirkt.



Instrumente für Tiefseeforschung.

Auch über das Eindringen des Sonnenlichtes in die Tiefe des Meeres sind in neuerer Zeit interessante Untersuchungen angestellt worden. Nachdem man sich ursprünglich damit begnügt hatte, Kugeln oder andere größere Gegenstände, die mit weißem Anstriche versehen wurden, an einer mit Maßeinteilung versehenen Leine in die Tiefe zu versenken, und während des Versinkens so lange zu beobachten, bis sie nicht mehr gesehen werden konnten, bediente man sich später zu dem gleichen Zwecke besonderer Apparate, die eine weit genauere Beobachtung gestatteten. Ein solcher Apparat ist der auf S. 362 abgebildete Tiefsee-Photometer von V. Petersen. Der Hauptbestandteil dieses Apparates ist eine lichtempfindliche Bromsilberplatte, die in ein bleiernes Kästchen eingeschlossen und an einem Gestelle angehängt ist. Der Deckel des Bleikästchens ist in einem Scharnier thürenartig beweglich, kann also nach Belieben geöffnet und geschlossen werden. An dem freien Ende des Deckels, der bei geschlossenem Zustande nach oben gerichtet ist, ist ein Bleigewicht angehängt. Der obere Teil des Gestelles trägt einen mit Schraubenflügeln versehenen Stab, in dessen unteres Ende ein feines Schraubengewinde eingeschnitten ist; dieses greift durch eine Schraubenmutter in den durchbohrten Rand des Kästchens und durch diesen noch

etwa $1/2$ cm in den Deckel ein. Man läßt nun den Apparat zu einer beliebigen, an der Lotleine abzumessenden Tiefe hinab. Die Schraubenflügel können während des Niederganges sich nicht bewegen, weil das Ende des Stabes, der sie trägt, fest auf dem Deckelrande aufsitzt. Der Apparat hat also während der Abwärtsbewegung das in der linksseitigen Figur unserer Abbildung dargestellte Aussehen. Hat der Photometer die gewünschte Tiefe erreicht, so wird er wieder in die Höhe gezogen; der Druck des Wassers wirkt jetzt in umgekehrter Weise auf die Schraubenflügel und bewegt sie in einer Richtung, die das Lockern der Schraube, die bis dahin den Deckel festgehalten hat, bewirkt. Der Deckel klappt, von dem daran hängenden Gewichte niedergezogen, auf, und dies geschieht, sobald der Apparat um $2^1/_2$ m emporgewunden ist, was der Beobachter ohne weiteres an der Maßeinteilung der Leine ablesen kann. Nun läßt man den Apparat so lange stille stehen, bis die zur Exposition der jetzt unbedeckten Platte erforderliche Zeit erfüllt ist. Wird dann der Apparat weiter emporgezogen, so hebt die Flügelschraube durch ihre neuerlich eintretende Bewegung den Stab, an dem sie befestigt ist, noch höher empor, so daß dieser sich völlig von dem Kästchen entfernt. Da dieses drehbar an seinem unteren Ende aufgehängt ist, so verliert es durch das Entfernen des Stabes, der es bis dahin in aufrechter Stellung festgehalten hat, seinen Halt und stürzt infolge seiner Schwere über, wobei sich der Deckel wieder schließt. Die mittlere Figur unserer Abbildung zeigt das Kästchen in geöffnetem, die rechtsseitige in wieder geschlossenem Zustande. Die mit diesem Tiefsee-Photometer vorgenommenen Untersuchungen haben ergeben, daß die Platten desselben in Tiefen von 500—550 m bei halbstündiger Exposition deutlich reagieren. Es sind aber jedenfalls nicht mehr die weißen Sonnenstrahlen, die bis in solche Tiefen vordringen, vielmehr dürfte nur noch das grüne Licht hier zur Wirkung kommen, und bei einer Tiefe von etwa 1000 m dürfte bereits vollständige Dunkelheit herrschen, sofern diese nicht durch selbstleuchtende (phosphorescierende) Tiere unterbrochen wird.


Tiefsee-Photometer.

Durch die reichliche Ausbeute, die die Wissenschaft mittels dieser Apparate gewinnen konnte, ist man zur Erkenntnis der hochwichtigen Thatsache gelangt, daß auch in jenen bislang für unergründlich gehaltene Tiefen der Oceane das Leben nicht völlig erloschen sei. Die neuen Formen von niederen Organismen, welche man entdeckte, zeigten zur allgemeinen Ueberraschung eine große Uebereinstimmung, ja teilweise sogar die Identität mit längst untergegangenen Organismen, die man bisher nur als Petrefakten in den geologischen Schichten des Festlandes gefunden hatte. . . . Ernst Häckel sagt: „Die Plünderung des Meeresbodens mit dem Schleppnetz ist ein Jagdvergnügen von ganz eigenem Reiz, wenn auch oft Geduld und Kräfte hart auf die Probe gestellt werden. Die neugierige Spannung, was wohl für kostbare Schätze aus der verborgenen Tiefe heraufgebracht werden würden, ist groß, wächst mit den Anstrengungen, welche die schwere Arbeit des Dredschens (Schleppnetz-Dredsche) erfordert. Die Aufregung und der Eifer des dredschenden Zoologen sind nicht geringer als die eines Goldgräbers!“

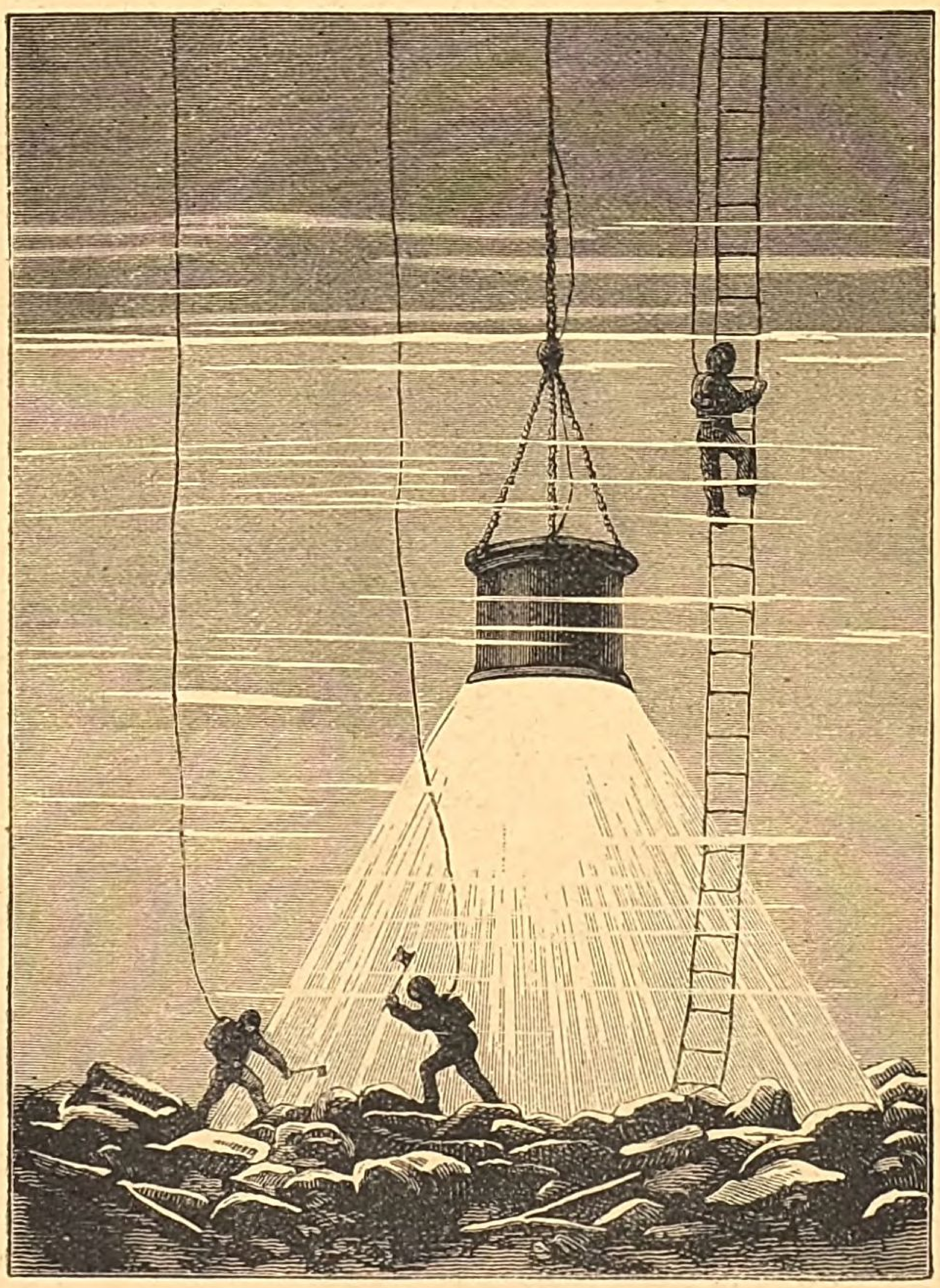
In geringen Tiefen, in die der Mensch mit Hilfe des Taucherapparates selbst hinabdringen kann, wird die Untersuchung des Meeresbodens und die Einholung wissenschaftlicher



Die Photographie des Meeresgrundes.

Beute von demselben mittels elektrischer Lampen bewerkstelligt, wie dies unsere Abbildung zeigt. Auch hat man mittels der elektrischen Lampen bereits Photographien des Meeres=

grundes aufgenommen, die fast märchenhaft zu nennende Bilder liefert. Leider sind die Meerestiefen, in denen derartige Beobachtungen vorgenommen werden können, auf ein sehr geringes Maß beschränkt, denn der Druck des Wassers steigert sich bei je 10 m Zunahme der Tiefe um eine Atmosphäre, beträgt daher schon bei 40 m Tiefe mit Hinzurechnung des Luftdruckes selbst fünf Atmosphären, und schon in dieser Tiefe ist der Aufenthalt des Menschen in erheblicher Weise erschwert. Die Taucherglocken, die man zu diesem Zwecke konstruiert hat, beruhen auf dem Princip, daß der in irgend einem unten offenen Behälter befindliche, mit Luft gefüllte Raum das Eindringen des Wassers nur in dem Maße gestattet, in welchem die darin eingeschlossene Luft zusammendrückbar ist. Die in der Taucherglocke befindlichen Menschen müssen diese zusammengedrückte Luft einatmen, was bei stärkerer Verdichtung derselben Beklemmungen, Unwohlsein und noch schlimmere Zufälle verursachen kann. Man betrachtet eine Tiefe von 60 m als das Maximum des für den Taucher Erträglichen. Die Taucherglocke ist schon seit Ende des 16. Jahrhunderts bekannt und im Gebrauche. Anfangs bestand sie aus hölzernen Kästen, später wandte man eigentliche Glocken aus Metall an. In neuerer Zeit wird an Stelle der Taucherglocke der in England erfundene Skaphander-Apparat benutzt, der in einem luftdichten Anzuge aus Kautschuk und einem damit fest verbundenen metallenen Helm von mehr oder weniger kugelähnlicher Gestalt besteht. Die Füße des Tauchers werden mit schweren Bleiplatten oder Bleischuhen belastet, um ihm das aufrechte Stehen und Fortbewegen auf dem Meeresboden zu ermöglichen. Der Anzug wird mittels einer Luftpumpe mit Luft gefüllt, deren Druck entsprechend der Tiefe, in welche der Taucher sich begeben soll, geregelt wird. Der Druck des Wassers soll durch den Gegendruck der eingepumpten Luft ausgeglichen werden. Hinter dem Kopfe des Tauchers ist ein in den Helm mündender Schlauch befestigt, der die Luft zuführt, die dem Taucher zugleich als Atemluft dient. Da die ausgeatmete Luft ebenfalls von dem Raume zwischen dem Anzug und dem Körper des Tauchers aufgenommen wird, so atmet dieser niemals reine Luft; zudem werden seine Lungen durch das stoßweise Eindringen der Luft bei den einzelnen Pumpenschlägen belästigt, und eine beängstigende Gefahr für den Taucher besteht darin, daß sein Leben völlig abhängig ist von der Haltbarkeit und Dichtigkeit seines Anzuges; erhält dieser eine Beschädigung von nur geringem Umfange, was bei der Natur der Taucherarbeit, dem Umherklettern auf untergesunkenen



Elektrische Lampe für Tiefseeuntersuchung.

Wracken u. s. w. sehr leicht geschehen kann, oder wird gar der die Luft zuführende Schlauch verletzt, so ist der Taucher in den meisten Fällen verloren, denn wenn ihm auch durch Signaleinrichtungen die Möglichkeit geboten ist, sich mit der den Taucherapparat bedienenden Mannschaft in Verbindung zu setzen, so erfordert es doch selbst bei schnellster Hilfeleistung eine geraume Zeit, bis er wieder an die Oberfläche gebracht werden kann. Seit Ende der sechziger Jahre ist der Skaphanderapparat wesentlich verbessert worden, indem man dem Taucher einen tornisterförmig auf seinem Rücken angebrachten, mit dem Helm in Verbindung stehenden Luftbehälter mit in die Tiefe giebt. Dieser Luftbehälter, Aerophor genannt, ist in zwei luftdicht voneinander abgeschlossene Räume geteilt; der eine derselben nimmt mittels eines nach oben führenden Schlauches die komprimierte (zusammengepreßte) Luft auf, der andere steht mittels eines Kautschukrohres mit dem Munde des Tauchers in Verbindung, und in seiner oberen Wand ist eine Kautschukplatte eingelassen. Beide Teile sind durch ein Ventil miteinander verbunden. Bei jedem Atemzuge des Tauchers verdünnt sich die Luft in der die Atemluft enthaltenden Röhre, ihr Gegendruck gegen den Druck des Wassers, der diesem letzteren entsprechend reguliert ist, vermindert sich daher, und die Kautschukplatte wird infolgedessen nach innen herabgedrückt. Hierbei drückt ein Stift auf das Luftverteilungsventil zwischen den beiden Räumen des Aerophors, und es strömt gerade so viel komprimierte Luft aus der einen Kammer in die andere über, als zur Wiederherstellung des erforderlichen Gegendruckes nötig ist. Sobald diese erfolgt, hebt sich die Kautschukplatte wieder, der auf das Ventil wirkende Stift kehrt in seine frühere Stellung zurück, das Ventil schließt sich und der vorherige Zustand ist wiederhergestellt. Die Ausatmungsluft entweicht aus dem Helm durch ein Ventil, das gegen das Eindringen des Seewassers durch ein Gummiplättchen geschützt ist; schließt der Taucher dieses Ventil, so füllt die von ihm ausgeatmete Luft den Zwischenraum zwischen Anzug und Ventil, und es entsteht dadurch sozusagen eine Schwimmblase, die den Taucher rasch und ohne fremde Hilfe an die Oberfläche emporhebt. Derartige Apparate sind unter anderem auch bei der deutschen Marine in Gebrauch und haben den großen Vorzug vor den älteren, daß der Taucher viel besser vor der Gefahr, durch das Eindringen des Seewassers erstickt zu werden, geschützt ist.

Diese Einrichtungen interessieren uns an dieser Stelle nur insofern, als sie zur wissenschaftlichen Erforschung des Meeresbodens in geringen Tiefen dienlich sind; die eigentliche Tiefseeforschung kann, wie schon bemerkt, keinen Gebrauch von denselben machen. Diese beschränken sich auf die Lotung der Meerestiefen und die Erforschung der Meeres-Temperaturen in verschiedenen Tiefen und geographischen Lagen, sowie auf die Prüfung des Materials, das mittels der früher beschriebenen Apparate aus der Tiefe heraufgeholt werden kann. Die systematische Tiefseeerforschung nahm ihren Anfang in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts unter der Initiative des Amerikaners M. F. Maury (1806—1873), der zuerst als Seemann in der Marine der Vereinigten Staaten diente, schon 1834 die Ergebnisse seiner Beobachtungen in dem „Navigation“ betitelten Werke veröffentlichte und, nachdem er 1839 infolge Lähmung für den aktiven Seedienst untauglich geworden war, als Direktor des Washingtoner Seekartenarchivs und Leiter des mit diesem verbundenen hydrographischen Bureaus und nautischen Observatoriums die größten Verdienste um die Kenntnis der Meeresverhältnisse sich erworben hat. Da die Arbeiten Maurys zugleich einem materiellen Interesse dienten, weil sie im Zusammenhange mit den damals aufgetauchten Projekten der Verbindung Amerikas und Europas durch das unterseeische Telegraphenkabel in Beziehung standen, so fehlte es nicht an den nötigen Geldmitteln zu ausgiebigem Betriebe der Untersuchungen. Zahlreiche Tiefseelotungen wurden zu diesem Zwecke vorgenommen und die Zahl der Expeditionen, welche sich bald auch auf andere oceanische Gebiete erstreckte, wuchs immer mehr.

Von allen diesen Expeditionen ist die nach dem damit betrauten Schiffe genannte „Challenger-Expedition“ weitaus die bedeutendste. Der „Challenger“ (Herausforderer) wurde im Jahre 1872 von der britischen Admiralität lediglich zur Erforschung der physikalischen und biologischen Zustände der großen Oceanbecken ausgerüstet. Das

Schiff stand anfangs unter Führung des Kapitäns Sir George Nares, zuletzt unter der des Kapitäns Frank Thomson. Die Expedition verließ am 7. Dezember 1872 den Hafen von Sheerneß, doch begannen die eigentlichen wissenschaftlichen Arbeiten erst im Februar 1873 bei der ersten Durchkreuzung des Atlantischen Oceans. Diese Forschungen währten bis Ende Oktober desselben Jahres. Von der Kapstadt aus bis Melbourne durchschnitt der „Challenger" den südlichen Indischen Ocean und drang hierbei bis ins Antarktische Polarmeer vor. Hierauf erfolgte die Erforschung des südlichen Stillen Oceans, des Indischen Archipels und des Südchinesischen Meeres. Am 16. Juni 1875 wurde die Rückreise nach Europa angetreten, wobei die physikalischen und biologischen Verhältnisse des westlichen und mittleren Teiles des nördlichen Stillen Oceans und des mittleren und östlichen Teiles des südlichen Stillen Oceans bis zur Magelhaensstraße untersucht wurden. Zuletzt durchkreuzte der „Challenger" zum zweiten Male den Atlantischen Ocean nach allen Richtungen und langte endlich, am 26. Mai 1876, nach vierthalbjähriger Abwesenheit und nach Zurücklegung eines Weges von 68930 Seemeilen (ca. 17232 geographischen Meilen) wieder im heimatlichen Hafen an.

Nicht minder ergebnisreich war die Expedition, welche von deutschen Offizieren und Gelehrten mit der Kriegskorvette „Gazelle" vom Sommer 1874 bis April 1876 unternommen wurde. Diese Expedition kreuzte mehrfach die Route des „Challenger", schlug aber im Uebrigen ihre eigenen Wege ein. Auf der Strecke von Mauritius bis zur Westküste von Australien wurde auf dieser Expedition zum erstenmale mit den Hilfsmitteln der neueren Tiefseeforschungen der Indische Ocean in seinen physikalischen Verhältnissen untersucht.

Als dritte große Tiefsee-Expedition der Neuzeit reiht sich an die vorgenannten die amerikanische Forschungsfahrt des Dampfers „Tuscarora" an. Das Gebiet dieser Forschung erstreckte sich über den nördlichen Stillen Ocean zwischen Kalifornien und Japan, zu dem Zwecke der Ermittelung der geeigneten Richtung für eine eventuelle Kabellegung zwischen den Vereinigten Staaten und dem vorgenannten Inselreiche. Die „Tuscarora" ging noch ein zweites Mal (beide Expeditionen wurden im Jahre 1874 ausgeführt) in See, diesmal zu dem Zwecke einer weiteren Kabellegung zwischen den Sandwichsinseln und Australien. Durch diese Expedition wurden während der Reise nach Jokohama 135 Tieflotungen gemacht; auf der Heimreise sollten dieselben fortgesetzt werden, doch fand man nach 15 Lotungen, in der Strecke, die zwischen Jokohama und der Vancouver-Insel an der nordamerikanischen Küste gelegen ist, so große Tiefen, daß hier von einer Kabellegung nicht die Rede sein konnte, und für die Rückkehr von der japanischen Küste ein nördlicherer Kurs genommen werden mußte, der dicht an die Kurilen heranging und stellenweise die Aleuten-Kette in nördlicher Richtung überschritt. Es ergab sich, daß sich im Nordosten Japans bis gegen die Aleuten hin eine Einsenkung des Meeresbodens hinstreckt, die bei einer durchschnittlichen Tiefe von über 6000 m eine Fläche von mindestens $2^1/_2$ Millionen qkm umfaßt. In dieser Strecke fand die Tuscarora die größte bis dahin gemessene Meerestiefe von 4643 Faden oder nahezu 8500 m. In jener Gegend ragen unterseeische Berge von gewaltiger Höhe aus dem Meeresgrunde empor, deren Gipfel noch mehr als 4000 m unter dem Meeresspiegel liegen. Noch beträchtlichere Tiefen sind in neuester Zeit im südlichen Teile des Großen Oceans zwischen Neu-Seeland und den Tonga-Inseln gefunden worden, wo der amerikanische Dampfer „Pinguin" eine solche von 9400 m gelotet hat. Auch im Atlantischen Ocean, dessen tiefste Einsenkung zwischen den kleinen Antillen und den Bermudas-Inseln, also im westlichen Teile des sogenannten Sargasso-Meeres*) gelegen ist, finden sich, soweit dies die immer noch sehr lückenhaften

*) „Sargasso-Meer" nennt man ein südwestlich von den Azoren-Inseln beginnendes und noch über die Bermudas-Inseln hinaus bis in die Nähe der Antillen sich ausdehnendes Gebiet des nördlichen Atlantischen Oceans, das sich von Norden nach Süden über 25 Breitengrade erstreckt und eine Fläche von über 3 Millionen qkm umfaßt, die von Sargasso-Tang (auch Golfkraut genannt) erfüllt ist. Dieser reichlich geästete Tang, dessen runde Stiele etwa die Dicke

und unzureichenden Lotungen bis jetzt ergeben haben, Tiefen bis zu 6763 m; durch die Mitte dieses Oceans ziehen sich langgestreckte, unterseeische Bergrücken hin, deren Gipfel immer noch gegen 4000 m Wasser über sich haben, so daß die auf denselben ruhenden Gegenstände einem Drucke von 400 Atmosphären unterliegen.

Unsere Karte zeigt die beachtenswertesten Meerestiefen, die sich durch die in neuerer Zeit vorgenommenen Lotungen ergeben haben. Sie zeigt auch die Verteilung der schon weiter oben erwähnten Meeresströmungen. Diese Meeresströmungen bewirken, daß sich das Meerwasser verhältnismäßig rein erhält. Sie teilen sich in kalte und warme und sind hiernach auf unserer Karte unterschieden; ihre Richtung ist durch Pfeile angegeben. Ursache der Meeresströmungen ist einerseits der verschiedene Salzgehalt des Seewassers, dessen specifisches Gewicht hiernach ebenfalls Unterschiede zeigt. Die Ausgleichung erfolgt durch die Bewegung der ungleich schweren Wassermassen und ruft Strömungen zwischen den Weltmeeren und den Mittelmeeren hervor; eine solche kommt beispielsweise in der Straße von Gibraltar sehr bemerkbar zur Geltung. Eine ähnliche Bewegung entsteht durch die ungleiche Erwärmung des Wassers an der Oberfläche. Als wirksamste Erwecker der Meeresströmungen müssen jedoch jene Winde angesehen werden, die, wie die Passatwinde, die gleiche Richtung dauernd bewahren, und die durch diese hervorgerufenen Meeresströmungen sind es hauptsächlich, die hier in Betracht kommen. Man bezeichnet sie auch als Triftströmungen, weil sie, ursprünglich der Richtung des sie hervorrufenden Windes folgend, infolge des Auftreffens an die Festlandsküsten, teilweise auch unter der Einwirkung der Erdrotation, ihre Richtung ändern (abtreiben oder „abtriften"); als Ausgleichsströmungen werden dagegen diejenigen bezeichnet, die das von den Triftströmungen fortgeführte Wasser ersetzen und, weil ihre Richtung naturgemäß derjenigen der Triftströme entgegengesetzt ist, auch Gegenströmungen genannt werden. In der äquatorialen Zone treten sowohl im Atlantischen wie auch im Indischen und Großen Ocean die sogenannten Aequatorialströme auf, die ebenfalls Triftströme sind. Da sie durchwegs in der Richtung von Osten nach Westen fortschreiten, so werden sie auch Ostströme genannt. Im Großen Ocean finden wir eine nördliche und eine südliche Aequatorialströmung, zwischen denen sich ein Aequatorial-Gegenstrom von Westen nach Osten bewegt. Der Aequatorialstrom des Indischen Oceans bricht sich an der ostafrikanischen Küste und sein südlicher Zweig wendet sich gegen Osten, der nördliche gegen Nordosten. Die nordäquatoriale Strömung des Großen Oceans macht da, wo sie sich der Ostküste des asiatischen Festlandes nähert, eine scharfe Wendung und kehrt hierauf wieder als „Kuro-Siwo" nach der amerikanischen Küste zurück, die sie, sich abermals gabelnd, an ihrem nordwestlichen Teile erreicht. Parallel mit der Südäquatorialströmung dieses Oceans läuft eine zweite, die sich östlich vom australischen Festlande abzweigt und als Australstrom die Südostküste desselben bestreicht. Der Aequatorialstrom des Atlantischen Oceans spaltet sich ebenfalls bei der Annäherung an die südamerikanische Ostküste in zwei Zweige, von denen der eine seine Richtung gegen den Golf von Mexiko nimmt, der andere in weitem Bogen nach Süden und Südosten abzweigt, um sich schließlich über den südlichen Teil dieses Oceans auszubreiten und sich darin zu verlieren. Vor den kleinen Antillen rücken die beiden Strömungen dicht aneinander und es entsteht hier aus ihnen der Golfstrom, die merkwürdigste Meeresströmung der Erde. Der Golfstrom hat seinen Namen von dem Golf von Mexiko, von welchem er seinen Ausgang nimmt. Ein Teil der nördlichen Aequatorialströmung des Atlantischen Oceans drängt

---

eines Rabenfederkieles haben und mit lanzettförmigen Blättern, meist stachelspitzigen Luftblasen und gegabelten Fruchtständen besetzt sind, bildet zahllose schwimmende Inseln, die der Schiffahrt sehr hinderlich sind. Sie werden von den in jenen Gegenden herrschenden West- und Südwestwinden gegen Osten und Nordosten getrieben, dann aber von einem südwärts abzweigenden Arme des Golfstromes erfaßt und aufgehalten, so daß sie sich anhäufen und schließlich, einer von den Passatwinden hervorgerufenen westlichen Meeresströmung folgend, wieder an ihren Ausgangspunkt zurückkehren. So kommt es, daß das Sargasso-Meer, das schon Columbus auf seiner Entdeckungsfahrt große Schwierigkeiten bereitet hatte, seit Jahrhunderten seine Lage und Ausdehnung nicht verändert hat.

sich zwischen der Nordküste Südamerikas und der Insel Grenada, der südlichsten der kleinen Antillen, nach dem Karibischen Meer durch, während ein anderer Teil, von den Inseln zurückgehalten, eine nördlichere Richtung annimmt und zwischen Barbados und den Grenadinen-Inseln (den südlichsten Gruppen der kleinen Antillen) in das vorgenannte Meer gelangt. Hier erlangt das Wasser, das sich an der Oberfläche bereits bis zu 30° C. erwärmt hat, eine noch höhere Temperatur und tritt teilweise zwischen Guadeloupe und Haiti wieder heraus. Eine weitere bedeutende Wassermenge nimmt zwischen den Bahamabänken und Haiti eine westliche Richtung an und tritt durch die Windward-Passage in den westlichen Teil des Karibischen Meeres, während wieder ein anderer Teil der Strömung an der Nordküste von Cuba bis zur Florida-Straße hinzieht. Aus dem Karibischen Meer tritt die Strömung in den Golf von Mexiko ein, streicht um das Yukatanplateau herum und verläßt den Golf, verstärkt durch die aus dem Kanal zwischen Cuba und den Bahama-Bänken ihr zuströmenden Wässer, durch die Floridastraße, um zunächst an der Nordamerikanischen Ostküste hinzustreichen, bald aber diese zu verlassen und sich nach Osten zu wenden. Der Strom, der seine hohe Temperatur nur allmählich verliert, hat eine Geschwindigkeit, die diejenige des Mississippi und des Amazonenstromes übersteigt und sich erst auf der Höhe von Neufoundland zu verlangsamen beginnt. Das westliche Europa, das er, nachdem er den nördlichen Atlantischen Ocean durchquert hat, bis über das Nordkap hinaus umstreicht, um noch an der Westküste Nowaja-Semljas bemerkbaren Einfluß auf die Temperatur der Küste und des Meeres zu üben, verdankt dem Golfstrom sein warmes Klima, namentlich sind die britischen Inseln in hervorragender Weise an dieser Temperaturerhöhung beteiligt. Eine Abzweigung des Golfstromes umfließt Islands Westküste und kommt hier in Berührung mit der kalten Polarstrom-Trift, die die Ostküste Grönlands bestreicht und mit starrendem Eise umkleidet. Die kalten Polarströmungen, die ihren Ursprung in dem Eismeere der arktischen und antarktischen Zone haben, schaffen das Treibeis in ungeheueren Massen nach den Gewässern der gemäßigten Zone, wo es stellenweise bis zum 40. Breitengrade vordringt.

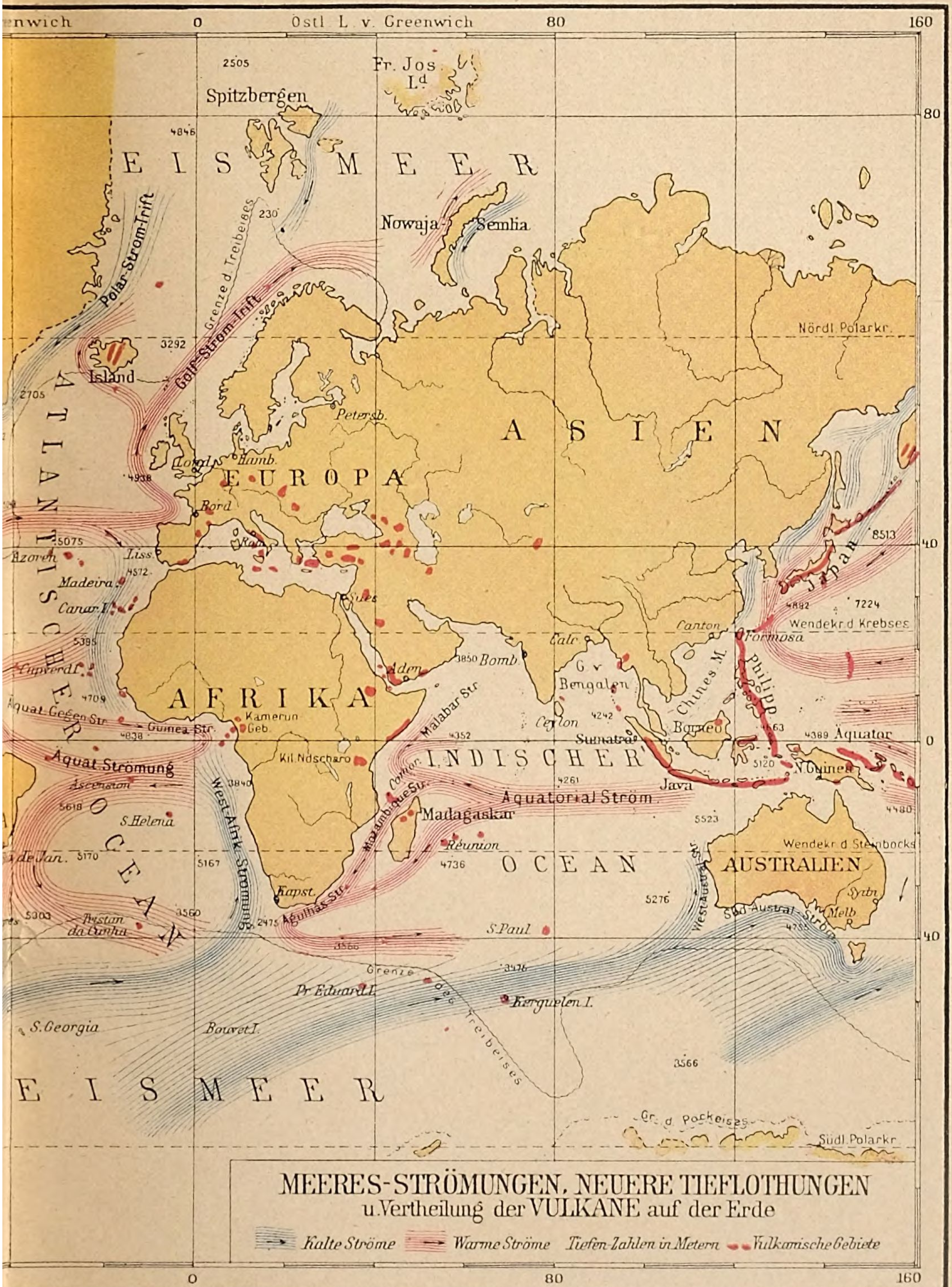
Außer den hier aufgezählten wichtigsten Arten der Meeresströmungen giebt es auch noch sogenannte Doppelströmungen, von denen sich die eine in entgegengesetzter Richtung über der anderen fortbewegt. Solche sind im dänischen Sund, am Eingange des Roten Meeres, bei Konstantinopel und in der Meerenge von Gibraltar festgestellt worden. Die großen äquatorialen Meeresströmungen üben eine bedeutende Wirkung auf das Klima der an ihnen gelegenen Küsten und auch bis ziemlich weit in das Innere hinein aus; man schätzt ihre Geschwindigkeit im Maximum auf 40 km in 24 Stunden, doch sinkt dieselbe auch bis zur Hälfte herab.

Es ist selbstverständlich, daß die großen Formen des Meeresbodens mit denjenigen des festen Landes durchaus übereinstimmen, da ihre Gestaltung aus denselben Umständen und Verhältnissen hervorgegangen ist, wie diese. Die mechanische Einwirkung des Meeres auf die feste Erde äußert sich nur in den oberflächlichen Teilen, während schon in mäßiger Tiefe außer der ruhigen und gleichmäßigen Bewegung der Strömungen, soweit sie hier noch vorhanden sind, das Wasser in völliger Ruhe verharrt. Was aber die zerstörenden Wirkungen des Wassers anbelangt, so werden sie von denjenigen der Luft jedenfalls erreicht, teilweise wohl auch übertroffen. Die Zacken und Grade der Hochgebirgskämme bieten einen ebenso wilden Anblick, wie die Klippen und Riffe des Meeres und ihre trümmerbedeckten Halden und Sockel machen keinen freundlicheren Eindruck, als ihn der Meeresgrund in der Nähe der Küsten darbieten könnte, wenn er plötzlich seiner Wasserdecke entkleidet würde. Wie schon erwähnt worden ist, finden wir mitten im Meere ausgedehnte Gebirgszüge, Plateaus und beckenartige Einsenkungen, wie sie auch das trockene Land aufweist. Auch die Wellungen des Bodens, wie sie durch die Faltung der allmählich einschrumpfenden Erdrinde in den eruptiven Gesteinsschichten ebenso gut wie in den aus Ablagerungen auf einstigen oder noch bestehenden Meeresboden entstandenen Sedimenten hervorgebracht werden, finden sich hier nicht minder als an der trockenen Erdoberfläche, was schon daraus hervor-

Uebersichtskarte der



r Erdteile und Oceane.



geht, daß früherer Meeresgrund jetzt Festland und früheres Festland jetzt Meeresboden ist. Um so größer aber sind die Unterschiede zwischen den Lebensformen des Festlandes und denjenigen des Meeres. Es hängt dies in erster Linie mit den völlig verschiedenen Lebensbedingungen zusammen, die jenen durch das Luftleben, diesen durch das Wasserleben geboten sind; andererseits ist die Gliederung der Lebensregionen des Meeres in vertikalem Sinne derjenigen der Luft gerade entgegengesetzt. Während hier die dem organischen Leben ungünstigsten Regionen den höchsten Erhebungen angehören, liegen sie im Meere in der Tiefe, in die weder Sonnenlicht noch Sonnenwärme mehr eindringt. Die Pflanzenwelt des Meeres ist auf einen verhältnismäßig engen Raum beschränkt. Schon bei 100 m Tiefe tritt sie sehr stark zurück und bei 400 m Tiefe ist sie völlig verschwunden. Zu beachten ist ferner, daß die formenarme Meeresflora nicht wie diejenige des Landes sich nach Zonen gliedert, sondern im hohen Norden in gleicher Weise entwickelt ist, wie unter den heißesten Himmelsstrichen, an den Küsten des südlichen Polarkreises sogar eher eine reichere Entwickelung zeigt, als in den Tropen. Was die Tierwelt des Meeres anbelangt, so umfaßt sie neben wenigen Arten von Säugetieren, die eine sehr zurückgegangene Entwickelung zeigen, ebenso wenige Reptilienarten, von denen als echte Meeresformen nur die Seeschildkröten und Meerschlangen zu betrachten sind, und auch an Insekten ist das Meeresleben arm; sein eigentlicher Reichtum besteht in den Fischen mit ihren außerordentlich mannigfaltigen Formen. Noch bei 5000 m Meerestiefe leben armselige Fische in einem Wasser, das eine gleichmäßige Temperatur von annähernd 2 Grad C. hat und unter einem Drucke von etwa 500 Atmosphären steht. Ein solcher Tiefseefisch, der im nordatlantischen Ocean in einer Tiefe von 2700 m gefangen worden ist, hat eine Länge von 18 cm, und seine sehr wenig ausgebildeten Flossen weisen darauf hin, daß dieser Fisch kein Schwimmer, sondern ein Schlammbewohner ist, so daß der Aufenthalt in solcher Tiefe seinem Lebensbedürfnisse entspricht. Auch bei anderen in bedeutenden Tiefen gefundenen Fischen hat man in hohem Maße zurückgebildete Bewegungsorgane gesehen. Im Allgemeinen sind die Formen dieser Tiefseefische von grotesker Ungeheuerlichkeit, so beispielsweise beim Saccopharynx pelicanoides (dem pelikanartigen Sackmaul), der seinem ungeheuren Maul den Namen verdankt und außer diesem Freßwerkzeuge nur noch aus einem mit sammetschwarzer Haut bekleideten Schwanze zu bestehen scheint, so daß man ihn nicht mit Unrecht mit einem Löffel verglichen hat, der oben einen verschließbaren Deckel trägt. Auch dieser Fisch ist ein Schlammbewohner. Er gräbt sich in sein Element ein und läßt nur das Maul aus demselben hervorstehen, um auf diese bequeme Weise abzuwarten, bis sich die Beute selbst einfindet. Nicht alle in der Tiefsee lebenden Fische sind indes als Schlammbewohner anzusehen; es giebt auch welche, die trotz der im Allgemeinen geringen Entwickelung ihrer Gliedmaßen ihren Raub im offenen Wasser aufsuchen dürften. Manche sind mit eigentümlichen beweglichen Apparaten an der Stirn und an anderen Teilen des Körpers ausgestattet, die wohl als Leuchtorgane dienen. Von den übrigen Bewohnern der Tiefsee sind verschiedene Arten von Schwämmen, Korallen und anderen Weichtieren und namentlich die Stachelhäuter zu nennen, unter denen sehr seltsame Formen vorkommen. Auch die Krebse der Tiefsee treten in absonderlichen Formen auf, so eine aufrecht schreitende Assel, die ihre Jungen an ihren riesigen Fühlhörnern mit sich herum trägt. Unter diesen Weichtieren findet man auch noch solche, die sonst nur noch als Versteinerungen aus längst versunkenen Zeitaltern bekannt geworden sind.

Selbstverständlich wendet sich die Forschung mit hohem Interesse dem absonderlichen und in jeder Hinsicht lehrreichen Tiefseeleben zu. Aus dem reichen Schatze von Berichten über die in diesen geheimnisvollen Regionen angestellten Beobachtungen greifen wir als Beispiel die interessanten Schilderungen heraus, die Professor Chun, der die letzte deutsche Tiefsee-Expedition begleitet hat, von den zoologischen Funden giebt, die auf der Fahrt von Kamerun nach Kapstadt an der Südostküste Afrikas gemacht worden sind. Unterm 25° 26′ südl. Br. und 6° 12′ östl. L. stieß man auf eine bisher unbekannte Bank. Da derartige weit in den Ocean vorgeschobene Bänke meist eine reiche Grundfauna aufweisen, wurde

ein großes Schleppnetz hinabgelassen und ergab einen reichhaltigen Fang, darunter gegen 100 große hochrote Taschenkrebse und eigenartige Aktinien, in die Einsiedlerkrebse sich einnisten, sowie andere Organismen von größtenteils noch unbekannten Formen. Auch gelang es, das Vorkommen von Tiefenbewohnern aus Tierklassen nachzuweisen, die bisher ausschließlich als Oberflächenformen galten. So konnten z. B. von den zartesten und duftigsten Meerorganismen, nämlich den Rippenquallen, zwei eigenartige Vertreter in den Tiefen nachgewiesen werden. Eine große Menge von für die Wissenschaft neuen und durch ihren Bau interessanten Formen wurde auf diesem Wege erbeutet. Hierunter fallen namentlich die bizarr gestalteten, meist schwarz gefärbten Tiefseefische, durchsichtige Tintenfische, große, hochrote, bleiche und blinde Krustaceen, einige Wurmformen, eine sehr abweichend gestaltete Seewalze und eine Reihe von Medusen und Schwimmpolypen. Die Untersuchungen in der Fischbai, die nur 25 Seemeilen nördlich von der Mündung des die Grenze des Deutsch-Südwest-Afrikanischen Schutzgebietes bildenden Oranje-Flusses entfernt ist, galten besonders den Nutzfischen. Die Bai ist an solchen außerordentlich reich. In erster Linie ist der südliche Hering zu erwähnen. Er dringt in dichten Zügen in die Bai ein und gleicht sehr seinem nordischen Verwandten. Von den Heringen nähren sich (wie die Sektion ergab) die beiden für den Export in getrocknetem Zustande hauptsächlich in Betracht kommenden Nutzfische, nämlich Sciaena aquila und Dentex rupestris. Sciaena aquila wurde gleich am ersten Abend bemerkt, da die $^3/_4$—1 m langen Fische in großer Zahl sich im Umkreise des Schiffes umhertrieben und die massenhaft im Seewasser schwebenden mikroskopischen Algen zum Leuchten brachten. Das größte der erbeuteten Exemplare maß 1,25 m und wog 30 kg. Der schön rosa gefärbte Dentex rupestris hält sich tiefer als die Sciaena in der Nähe des Grundes auf. Die beiden zuletzt erwähnten Fischarten werden allein für den Export hergerichtet und getrocknet. Indessen wurden in der knapp bemessenen Zeit des Aufenthaltes noch einige andere eßbare Fische bemerkt. Den Heringen scheinen auch die Wale (wahrscheinlich der Gattung Balaenoptera angehörig) zu folgen. Der Reichtum der großen Fischbai an schmackhaften Nutzfischen findet seine Erklärung in der erstaunlichen Produktivität des relativ kalten Wassers an organischer Substanz. Der Fischreichtum bedingt weiterhin eine so üppige Entfaltung des Vogellebens, daß man lebhaft an den Vogelreichtum unserer nördlichen Zonen erinnert wird.

Das Meeresleben spielt in der Entwickelungsgeschichte der Natur in mehrfacher Hinsicht eine hochbedeutende Rolle. Zunächst haben wir in ihm den Urquell alles organischen Lebens überhaupt zu erkennen; dann bilden die in seinen Ablagerungen eingeschlossenen Ueberreste von Organismen früherer geologischer Zeitalter ein unschätzbares Urkundenmaterial zur Entwicklungsgeschichte der organischen Welt; endlich sind Lebewesen des Meeres in nicht unbeträchtlichem Maße an der Ausgestaltung der Erdoberfläche beteiligt. Es finden sich große Kalkgebilde, die ausschließlich aus den Gehäusen von niedrigsten Seetieren, der sogenannten Foraminiferen, gebildet sind; die weiße Kreide besteht hauptsächlich aus den Schalen einer Gattung dieser Wurzelfüßer, die als diejenige der Globigerinen bezeichnet wird, und in den Ländern zu beiden Seiten des Mittelmeeres und von da bis nach Centralasien fortgesetzt findet sich eine andere Gattung derselben, die der Nummuliten, in Gesteinsschichten, deren Bildung in die Zeit der älteren Tertiärformation fällt, in solcher Masse vor, daß sie dieselben vollständig ausfüllen, ja sogar die Gesteinsmasse vollständig verdrängen und ersetzen. Nicht minder wichtig sind die kieselsäurehaltigen Ueberreste einer Algengattung, derjenigen der Diatomeen oder Stückelalgen, deren Ablagerungen namentlich in der Kreidezeit einen bedeutenden Umfang angenommen haben, die aber auch heute noch in mehr als zweitausend Arten vorkommen. Endlich müssen hier die Korallen erwähnt werden, deren Bauwerke an Küsten und Inseln der wärmeren Erdgegenden noch heute in vollem Wachstum begriffen sind, denen aber auch in früheren Zeitaltern mächtige Schichten ihre Entstehung verdankten. Wir kommen auf diese und andere unter Mitwirkung organischer Lebewesen des Wassers zu stande gekommene Bildungen noch des Ausführlicheren zurück.

Sechstes Kapitel.

Die Entwickelung der Erdoberfläche.

Wir haben in den vorhergehenden Kapiteln die Naturkräfte kennen gelernt, die auf die Gestaltung der Erdoberfläche eingewirkt haben, und auch ein allgemeines Bild von der Art und Weise dieser Einwirkung gewonnen. Wir wollen nun das Material sichten und näher betrachten, das durch die Arbeit der Naturkräfte hervorgebracht worden ist. Die Sichtung dieses Materials muß nach dreierlei Richtung vorgenommen werden: zunächst in materiellem, dann in räumlichem und endlich in zeitlichem Sinne.

Aus dem materiellen Gesichtspunkte unterscheiden wir Gesteine oder Gebirgsarten, deren Bestandteile Mineralien oder Umbildungen von solchen sind, und die wir daher als solche minerogenen Ursprunges bezeichnen; sind die Gesteine das Produkt von Anhäufungen und Umgestaltungen von Tierresten, so nennen wir sie zoogene, und wenn der Bildungsstoff derselben pflanzlichen Ursprunges ist, phytogene Gesteine. Die minerogenen Gesteine können ebenso wohl nur aus einer Mineralart bestehen, als aus mehreren zusammengesetzt sein, und hiernach unterscheiden sie sich in homogene (gleichartige) und heterogene (ungleichartige) Gesteine. Als Beispiele dieser verschiedenen Formen mögen hier Quarz und Granit als minerogene, und zwar der erstere als ein homogenes, der letztere als ein heterogenes (weil aus Quarz, Feldspat und Glimmer zusammengesetzt), der Nummulitenkalk als ein zoogenes und die Steinkohle als ein phytogenes Gestein angeführt werden.

Nach der Struktur, d. h. nach der inneren Bauart der Gesteine oder der Art und Weise der Zusammenfügung ihrer kleinsten Teile, unterscheiden wir krystallinische Gesteine, die den völlig ausgebildeten eigentlichen Krystallen („krystallisierten" Mineralien) hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften völlig gleichkommen, ferner amorphe (formlose) Gesteine, die entweder als Schmelzfluß durch die Wirkung der Wärme, oder als Lösung durch die Wirkung des Wassers entstanden sind, und endlich klastische (griech., s. v. w. „zerbrochene") Gesteine, die aus Trümmern älterer Gesteinsbildungen zusammengesetzt und durch irgend ein mineralisches Bindemittel (Kalk, Thon u. s. w.) miteinander verkittet sind. Solche klastische Gesteine haben wir bereits in den Konglomeraten und Breccien kennen gelernt; aus sehr kleinen Gesteinstrümmern zusammengesetzte Gebirgsarten sind die Sandsteine.

Je nach der Lagerung der einzelnen Bestandteile unterscheidet man zwischen Massengesteinen, in deren Bau sich keine besondere Richtung erkennen läßt, schieferigen Gesteinen, die sich in paralleler Richtung spalten, und geschichteten Gesteinen, die das Produkt von Niederschlägen sind, die sich innerhalb bestimmter Zeitabschnitte schichtenweise abgelagert haben. Auch Massengesteine können schichtenweise gelagert sein, doch kommt dieser Fall selten vor; Verbindungen von schieferiger Struktur mit Schichtung sind dagegen häufig und bei manchen Gesteinsarten, wie beispielsweise dem krystallinischen Schiefer, überhaupt die einzige Form des Vorkommens derselben. Bei einigen Gesteinsarten (so beispielsweise beim Thonschiefer) findet man, daß die Richtung der Schieferung zu der Lage der Schichtungsflächen, in denen die zu verschiedenen Zeiten entstandenen Schichten aneinanderstoßen, eine verschiedene ist; bei diesen Gesteinen ist die Schieferung erst, nachdem sie bereits gebildet waren, infolge eines seitlichen Druckes entstanden, dessen Wirkung man sich veranschaulichen kann, wenn man einen Teil der durch Goldschnitt am Rande dicht miteinander verbundenen Blätter eines neugebundenen Buches an einer Ecke von unten nach oben emporbrückt und gegen den Rücken des Buches hin stark zurückbiegt. Der Goldschnitt wird hierbei sofort blattweise gespalten werden, und in ähnlicher Weise

wird auch eine zur Schieferung veranlagte, aber noch nicht geschieferte Gesteinsschicht durch den seitlichen Druck, den sie erleidet, in Blätter gespalten werden.

Nach der Art ihrer Entstehungsweise zerfallen die Gebirgsarten im großen Ganzen in die beiden Gruppen der Erstarrungs- und Ablagerungsgesteine, die auch als Auswurfsstoffe des Erdinnern Eruptiv- oder plutonische beziehungsweise Sediment- oder neptunische Gesteine genannt werden. Von beiden ist bereits mehrfach die Rede gewesen, und es bleibt hier nur noch weniges hinzuzufügen. Daß die plutonischen Gesteinsarten nicht von gleicher Beschaffenheit sind, haben wir bereits gesehen. Die Eruptivgesteine im engeren Sinne des Wortes unterscheiden sich merklich von den Produkten jüngerer vulkanischer Ausbrüche, von den sogenannten Laven, die an vielen Stellen der Erde als Teile der Gebirgsbildung eine Rolle spielen. Bei langsamer Erkaltung wird die Beschaffenheit des Eruptivgesteines eine dichtere, während rasches Erkalten demselben eine mehr glasige und blasige, schlackenähnliche Struktur verleiht. Da wir uns die Eruptivgesteine als Massenergießungen, die später unter gleichen Umständen zur Erkaltung gelangt sind, vorzustellen haben, so können wir bei ihnen auch nur eine Massenstruktur erwarten, wogegen die durch Ablagerung im Wasser entstandenen Sedimentgesteine, deren Bildung in sehr verschiedenen Zeiträumen stattgefunden hat, durch Schichtenbildung ausgezeichnet sein müssen. Gesteine, denen die Bildungsverhältnisse von Eruptiv- und Sedimentgesteinen gleichzeitig zukommen, werden krystallinische Sedimentgesteine genannt. Endlich haben wir noch die metamorphischen Gesteine zu erwähnen, von denen man vermutet, daß sie ursprünglich durch Ablagerung im Wasser als Schichtgesteine gebildet, später aber der Einwirkung der Glüh- und Schmelzhitze ausgesetzt und dadurch umgewandelt worden seien.

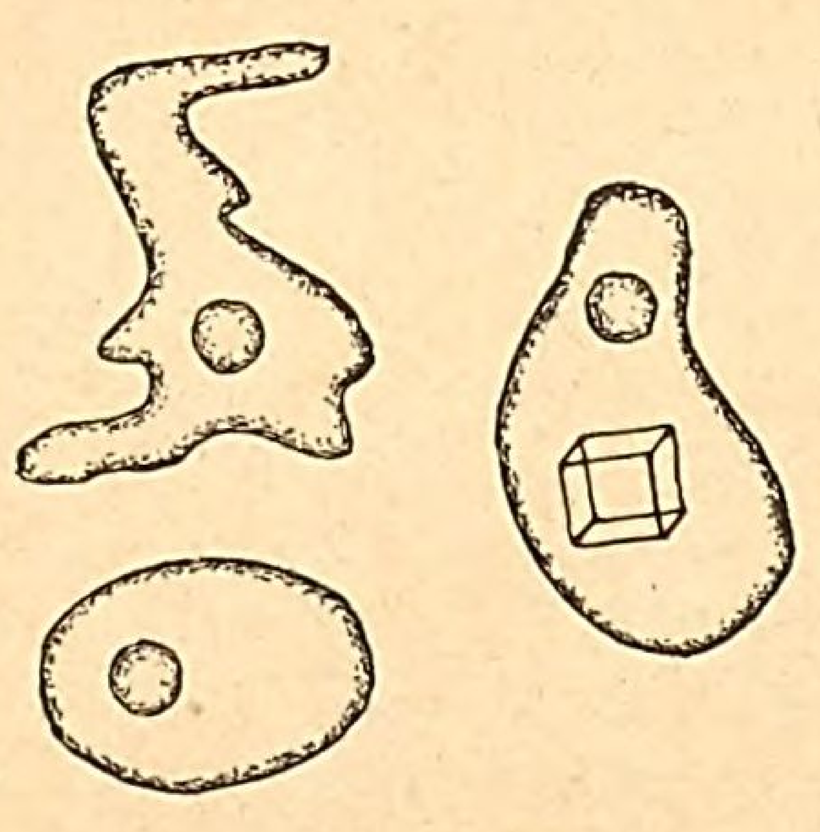
Es ist schon an anderem Orte erwähnt worden, daß die ältesten festen Bildungen auf der Erdoberfläche nirgends mehr vorhanden, sondern durchgehends umgebildet worden sind. Ob diese Ansicht die richtige ist, läßt sich wohl schwer ermitteln; sie hat aber wenigstens insofern große Wahrscheinlichkeit für sich, als die Einflüsse der Atmosphäre jener Urzeit gewiß beträchtlich stärkere gewesen sein werden, und eine oberflächliche Veränderung jenes Urgesteins jedenfalls dadurch verursacht worden ist. Auch ist nicht anzunehmen, daß jenes Urgestein den chemischen und mechanischen Einflüssen des Wassers und den zerstörenden Einwirkungen der vulkanischen und Meeresbewegungen in jener frühesten, jedenfalls stürmischen Entwickelungsperiode der Erdoberfläche erfolgreich hätte Widerstand bieten können. Immerhin kann man die Frage aufwerfen, welche von den uns bekannten Gesteinsarten an Alter und Eigenschaften dieser am nächsten kommen möge, und diese Frage hat der amerikanische Geologe Prof. Winchell dahin beantworten zu können geglaubt, daß die sogenannten Grünsteine, die er für die Grundlage der ältesten Gesteinsschichten der sogenannten archaischen Periode der Erdgeschichte hält, als Vertreter der ursprünglichen Erdkruste zu betrachten seien, wie diese sich durch die erste Verfestigung aus der geschmolzenen, glutflüssigen Erdmasse herausgebildet habe. Winchell hat in der amerikanischen Vereinigung zur Förderung der Wissenschaft über seine geologischen Untersuchungen der ältesten Gesteinsschichten im Staate Minnesota, westlich vom Oberen See, einen Vortrag gehalten, in welchem er hervorhob, daß sich unter diesen Grünsteinen zwei Teile unterscheiden lassen, von denen der eine noch heute eine vulkanische Gestaltung zeigt, während der andere erhebliche Umwandlungen erfahren haben muß. Der erstere ist der ältere und wird von dem letzteren scheinbar nicht immer gleichförmig überlagert. Diese oberen Grünsteine gehen allmählich in mehr kieselige Felsen von großer Mächtigkeit über, die sich als Grauwacken, Thonschiefer und Konglomerate darstellen. Nachdem sich diese älteste Erstarrungskruste gebildet hatte, muß sie bald und häufig von unten her Durchbrüche des glutflüssigen Erdinnern erlitten haben, denn granitische Massen finden sich mitten in den Grünsteinen und haben diese weit und breit in Glimmerschiefer und Gneis verwandelt. Bisher wurde dieser Granit selbst nebst den von ihm veränderten Felsschichten als die ältesten bekannten Gesteine angesehen. Erst durch Winchells Untersuchungen ist das noch größere Alter der Grünsteine bewiesen worden, und man hätte, wenn die Ansichten des

Genannten zutreffen, zu der Annahme Grund, daß der Grünstein in der That die mehr oder minder modifizierten Ueberreste des Urgesteins beziehungsweise die aus demselben unmittelbar hervorgegangene Bildungsform darstelle.

Die Krystallisation ist eine Bildungsform, die beim Uebergange der Substanzen aus dem flüssigen (oder lavaförmigen) Zustande in den festen auf Grund der nach bestimmten Gesetzen sich vollziehenden Molekularbewegung zur Geltung kommt. Es können daher ebensowohl plutonische beziehungsweise vulkanische Gesteine durch Krystallisation gebildet werden (wie beispielsweise die Eruptivgesteine Basalt und Trachyt), als auch neptunische (wie Gips und Steinkalk), die wässerige Lösungen darstellen. Die Eruptivgesteine sind durchweg krystallinischer Natur; die Krystallisation hat hier zur Zeit ihres Ueberganges aus dem geschmolzenen in den festen Zustand stattgefunden. Man ist in neuerer Zeit dahin gelangt, solche Krystallisationsprozesse künstlich im Laboratorium herzustellen, und sogar die Bildung der edelsten aller Krystalle, des Diamanten, ist auf künstlichem Wege gelungen. Der Franzose Moissan hat künstliche Diamanten hergestellt, indem er Kohle in geschmolzenem Eisen löste und dieses dann plötzlich soweit abkühlte, daß die Masse eine feste Rinde erhielt. Ursache der Entstehung ist der Umstand, daß sich die noch flüssige Masse im Innern der festen Schale nicht mehr der Volumenzunahme beim Erstarren des Eisens entsprechend frei ausdehnen kann. Es entsteht hierdurch ein sehr bedeutender Druck, welcher das Krystallisieren des ausgeschiedenen Kohlenstoffes bedingt. Nach analogen Erscheinungen, z. B. bei Arsen, kann man annehmen, daß der Kohlenstoff unter dem hohen Drucke, welcher bei den Versuchen Moissans herrscht, zunächst in den flüssigen und dann in den festen Zustand übergeht. Aus dem Eisen erhielt Moissan die Diamanten dadurch, daß er dasselbe mittels Säuren auflöste. Crookes glaubt, daß, wenn es möglich sein werde, den Kohlenstoff bei hinreichend hoher Temperatur, etwa 5800° C. einem genügenden Drucke, etwa 2300 Atmosphären, auszusetzen, es gelingen werde, denselben zu verflüssigen und dann auch größere Diamanten zu erhalten. In ganz ähnlicher Weise kann man sich (nach einer Mitteilung des Patent- und technischen Bureaus von Richard Lüders in Görlitz) auch die natürlich entstandenen Diamanten denken, und die geologischen Verhältnisse der Fundstätte widersprechen dieser Annahme durchaus nicht. So sind die diamantführenden Krater der südafrikanischen Diamantfelder offenbar nicht nach der gewöhnlichen Art vulkanischer Eruption entstanden, denn die umgebenden Wände weisen keine Zeichen von Feuerwirkung auf. Diese Krater wurden, nachdem sie entstanden waren, von unten her ausgefüllt und die in einer früheren, weit entlegenen Zeit gebildeten Diamanten wurden in einem Schlammvulkane gemeinschaftlich mit allerlei Trümmern ausgeworfen, die von den anstoßenden Gesteinen abgelöst waren. Dabei ist der Boden stark eisenhaltig; ja, die Eisenhaltigkeit des Bodens gilt beim Volke geradezu als Anzeichen für das Vorhandensein von Diamanten. Crookes glaubt daher, daß die dortigen Diamanten sich in der Tiefe aus geschmolzenem Eisen ausgeschieden haben, womit auch ihr Eisengehalt übereinstimmt. Ferner sprechen dafür die oft tropfenartige Gestalt, die eigene, gleichartige Ausbildung ohne bemerkbare Anwachsstelle. Desgleichen stehen der Spannungszustand, in welchem sich, wie das optische Verhalten zeigt, die Diamanten oft befinden, sowie die zuweilen von ihnen eingeschlossenen komprimierten Gase mit der Annahme jener Entstehungsweise im Einklange. Man kann sich mit Crookes die Bildung und Isolierung der Diamanten demnach folgendermaßen denken: In hinreichender Tiefe befanden in sich Kohlenstoff aufgelöst enthaltende Massen geschmolzenen Eisens unter großem Drucke und von hoher Temperatur, bereit, beim Abkühlen auszukrystallisieren. In weit von der Gegenwart zurückliegender Zeit bewirkt dann die Abkühlung von oben her Risse in den überliegenden Schichten, durch welche Wasser seinen Weg fand. Dieses wurde in Gas verwandelt, als es das glühendflüssige Eisen erreichte. Hierdurch konnte es schnell die Kanäle einschneiden, durch welche es hindurch ging, um einen Ausweg zur Oberfläche zu finden. Dampf greift geschmolzenes und selbst rotglühendes Eisen rasch an, oxydiert das Metall. Letzteres zerfällt, und es werden große Mengen Wasserstoff gleichzeitig mit geringen Mengen verschiedener Kohlenwasserstoffe frei. Die vom

Dampfe begonnene Erosion, d. i. Durchbrechung der überliegenden Schichten durch Einschneiden von Kanälen, wird von den anderen Gasen fortgesetzt, und es ist leicht möglich, daß Krater von der Weite wie sie in Südafrika gefunden werden, in dieser Weise entstanden sind.

Die Kohlensäure, die erst bei einem Drucke von 36 Atmosphären bei einer Temperatur, die dem Schmelzpunkte des Wassers entspricht, aus dem gasförmigen in den tropfbarflüssigen Aggregatzustand übergeht, findet sich vielfach in krystallinischen Eruptivgesteinen, namentlich im Quarz, in flüssigem Zustande vor. Die Flüssigkeits-Einflüsse (auch solche von gasförmigem Aggregatzustande) treten in manchen Gesteinen und den Mineralien, aus denen diese zusammengesetzt sind, keineswegs selten und mitunter in ganz erheblichen Dimensionen auf; doch handelt es sich hier immer nur um vereinzelte Fälle, denen es an charakteristischer Bedeutung fehlt. Dagegen sind, wie Neumayr hervorhebt, mikroskopisch kleine Einschlüsse, deren Größe bestenfalls kaum über $1/20$ mm Durchmesser hinausgeht, in sehr großen Mengen in verschiedenen Gesteinsarten vorhanden, aber nur in den klarsten und durchsichtigsten Mineralien, besonders im Quarz, deutlich und leicht sichtbar. Die Größe dieser Einschlüsse ist eine sehr verschiedene und die kleinsten derselben erscheinen selbst bei tausendfacher Vergrößerung nur als winzige Punkte. Bei geringem Umfange sind sie meist kugelig oder eiförmig, die ansehnlicheren haben gewöhnlich einen unregelmäßigen Umriß mit Verästelungen und schlauchförmigen Anhängen. In manchen Gesteinen, sehr häufig in Quarzen, aber auch in Feldspaten und anderen Mineralien sind sie in zahlloser Menge zusammengehäuft, so daß man hunderte von ihnen im Gesichtsfelde des Mikroskopes bei einander liegen sehen kann. Die meisten Flüssigkeitseinschlüsse enthalten ein Gasbläschen, die „Libelle"*) wie unsere Abbildung solche zeigt; bei manchen verhält sich diese ganz ruhig oder zittert nur bei einem Stoße oder verändert nur bei einer Neigung die Lage, bei anderen dagegen ist sie unablässig in Bewegung. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in den anstehenden Felsen diese Bläschen sich ebenso verhalten, daß in jedem Granitblocke Millionen derselben in fortwährendem Tanze sich bewegen. Zwar ist es eine befremdende Vorstellung, daß in den festesten Felsen ein fortwährendes zuckendes Pulsieren dieser kleinsten Teilchen stattfinden soll; aber doch können wir gegen deren Richtigkeit nicht die mindeste Einwendung erheben. Von hohem Interesse sind die Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit dieser Einschlüsse. Sehr viele, ja wohl die Mehrzahl bestehen aus Wasser, das entweder rein ist, oder nur einen verhältnismäßig geringen Teil eines Salzes gelöst oder etwas Gas absorbiert enthält; in anderen aber befindet sich eine gesättigte Salzlösung, in der man bisweilen einen kleinen würfelförmigen Krystall von Kochsalz ausgeschieden liegen sieht. Am merkwürdigsten ist jedoch das bereits erwähnte Vorhandensein reiner, flüssiger Kohlensäure, die als Flüssigkeitseinschluß namentlich von Vogelsang durch außerordentlich feine Experimente nachgewiesen wurde. Gesteine mit solchen Einschlüssen müssen daher unter sehr hohem Drucke gebildet worden sein.



Flüssigkeits-einschlüsse in Gesteinen,
stark vergrößert, mit „Libellen", eine derselben mit eingeschlossenem Kochsalzkrystalle.
(Nach Zirkel aus Neumayrs „Erdgeschichte".)

Der metamorphischen oder krystallinischen Sedimentgesteine als Uebergangsform von den eruptiven zu den rein neptunischen Gesteinen, den Sedimenten, haben

*) „Libellen" nennt man Wasserwagen von Dosen- oder Rohrform, deren flüssiger Inhalt einer kleinen Luftblase Spielraum läßt. Eine Teilung zeigt den Punkt an, in welchem die Luftblase zur Ruhe gelangen muß, wenn die bewegliche Unterlage, auf der die Wage ruht, genau wagerecht gestellt ist. Ihre Namen verdanken diese Wasserwagen der unstät hin und her schwankenden Bewegung der Luftblase, die an diejenige der bekannten leichtbeflügelten Insektenart der „Wasserjungfern" oder Libellen erinnert.

wir bereits gedacht; man hält sie für Umbildungen der ältesten klastischen Sedimente unter der Einwirkung von Druck und Wärme. Die namhaftesten dieser Gesteinsarten sind Gneis und Glimmerschiefer; den letzteren hält man auch für einen durch Hitze umgewandelten Thonschiefer, dessen Bestandteile, Kiesel- und Thonerde, sich zu Glimmer verbunden haben, so daß der schichtenweise unter dem Wasser niedergeschlagene Thonschiefer das Material zur Bildung des Glimmerschiefers gebildet hätte. Der zähflüssige Zustand, in welchen er durch die Erhitzung bis zum Schmelzgrade versetzt wurde, bot den Atomen seiner Substanz Spielraum zum Eingehen neuer krystallinischer Verbindungen, wobei die geschichtete Struktur des ursprünglichen Thonschiefers nicht verloren ging, da dieser in eine vollkommen bewegliche Masse umgewandelt wurde. Nach Andern wäre indes die Bildung der krystallinischen Schiefergesteine auf chemischen Niederschlag zurückzuführen, der sich bei höherer Temperatur des Wassers und größerer Druckkraft desselben gebildet hätte.

Die massigen Eruptivgesteine zerfallen:

1. in gleichmäßig körnige, nicht porphyrische*), von vorwiegend plutonischem**) Charakter und von allen Altersstufen. Hierher gehören hauptsächlich Granite, Syenite, Diorite und Olivingesteine;

2. in porphyrische, von glasiger oder halbglasiger Struktur und vorwiegend vulkanischen Charakters. Diese zerfallen wieder in vortertiäre, d. h. solche, die sich vor dem Eintritte der Tertiärzeit gebildet haben (wie die Granit-, Syenit- und Quarzporphyre, die Dioritporphyrite, der Melaphyr u. a.), in tertiäre, posttertiäre (nach der Tertiärzeit entstandene) und moderne (wie Trachyt, Dolerit, Basalt, Tephrit nebst den zugehörigen Obsidianen, Bimssteinen, Perliten und Pechsteinen).

Von den krystallinischen Schiefern führen wir Gneis, Glimmer-, Hornblende-, Talk- und Graphitschiefer an; auch der Serpentin gehört zum Teil hierher.

Als sedimentäre krystallinische Gesteine sind die Kalksteine, der Dolomit, Gips, Phosphorit, Quarzit und andere Kieselgesteine, die Erzgesteine und als Anhang die verschiedenen Formen der Kohle (Anthracit, Steinkohle, Braunkohle und Torf) zu nennen.

Von den klastischen Gesteinen führen wir an die Konglomerate und Breccien verschiedener Art, die Tuffe der Eruptivgesteine und die vulkanischen Ejektions- (Ausstoßungs-) Produkte, ferner die Sandsteine und Sande, die Grauwacke, den Schieferthon, Thonschiefer, Thon, Mergel, Lehm, Löß u. s. w.

Was die räumliche Verteilung der Gesteine anbelangt, so ist dieselbe in zweierlei Sinn zu verstehen: im horizontalen und im vertikalen. Die horizontale Verteilung ist uns natürlich nur insoweit bekannt, als die Gesteine zutage treten, sei es als Decke der Oberfläche selbst, sei es als offenliegende oder durch Abbau oder Bohrung erkundete Längenschnitte von Schichtengestein. Der Flächeninhalt der noch nicht erforschten Gebiete ist größer als der von den bereits bekannten geologischen Formationen eingenommene. Diese letzteren verteilen sich in größeren oder kleineren Komplexen über alle Erdteile, und wir wollen hier nur die bedeutendsten dieser Gruppen in ihren allgemeinsten Umrissen anführen.

Die plutonischen Eruptivgesteine treten in überwiegend großen Flecken im Norden Europas zutage, wo Skandinavien und der nordwestliche Teil Rußlands dieser Formation angehören; ferner finden wir längs des Urals einen von Norden nach Süden sich hinziehenden Streifen plutonischen Gesteines, der sich über nahezu 20 Breitengrade erstreckt.

*) Porphyr (ein Name, der dem griechischen der Purpurschnecke entlehnt ist und im Altertum dem purpurfarbenen Gestein aus den ägyptischen Steinbrüchen beigelegt wurde) heißt jetzt jedes Eruptivgestein, das in einer feinkörnigen Grundmasse größere, scharf hervortretende, rundum ausgebildete Krystalle irgend eines Minerales enthält.

**) Die Geologen unterscheiden zwischen vulkanischen und plutonischen Bildungen im engeren Sinne, unter denen sie solche Gesteine verstehen, deren Bildung sich tief im Innern der Erde unter sehr hoher Temperatur und hohem Drucke vollzogen hat, und die während ihrer Bildung niemals bis zur Erdoberfläche vorgedrungen sind, im Gegensatz zu den vulkanischen, die an der Erdoberfläche selbst oder ganz in der Nähe derselben zur Erstarrung gelangt sind. In diesem Sinne ist auch die obige Einteilung aufzufassen.

Von den plutonischen Gebieten Asiens ist dasjenige zu erwähnen, das Vorderindien an seinem nördlichen und — über den Indus noch hinausgreifend — an seinem westlichen Rande umfaßt. Gegen Tibet schließt sich an diese Umränderung vulkanisches Gebiet an, das auch an der Westseite der Halbinsel ein weites Gebiet umfaßt. In Afrika findet sich plutonisches Gestein nur in einzelnen Strichen der Ost- und Westküste, in Australien an der Ost- und Südostküste, auf Tasmania und Neuseeland strich- und fleckenweise zerstreut. Amerika hat in seinem nördlichen Teile ausgedehnte plutonische Gebiete, die an der Nordwestküste gruppenweise, an der Ostküste strichweise auftreten und sich hier auch auf den nördlichen Archipel erstrecken.

Durch Britisch-Nordamerika zieht sich von der Nordküste ein plutonisches Plateau, das sich gegen Süden verschmälert, bis an die großen Seen herab, und von hier längs des Lorenzstromes bis an die Küste von Labrador. Auch zwischen Neufundland und bis nahe an den Golf von Mexiko herab finden sich auf den Inseln und an der Küste bis Washington und, von hier aus mehr nach dem Innern des Landes sich hinziehend, zusammenhängende Flecken und Striche, die der plutonischen Formation angehören. Auch in den Gebirgen des nördlichen und mittleren Amerikas, die dem großen, den ganzen Erdteil durchziehenden Gebirgsrücken der Cordilleros de los Andes angehören, herrscht die plutonische Formation vor. Hier wie auch in südamerikanischen Teilen dieses Gebirgsrückens wechselt sie mit vulkanischen Strichen ab. Ausgedehntere plutonische Gebiete finden sich im Nordosten Südamerikas und in einem großen Teile Brasiliens. Die vulkanischen Gebiete der Erde sind aus unserer Karte zu entnehmen.

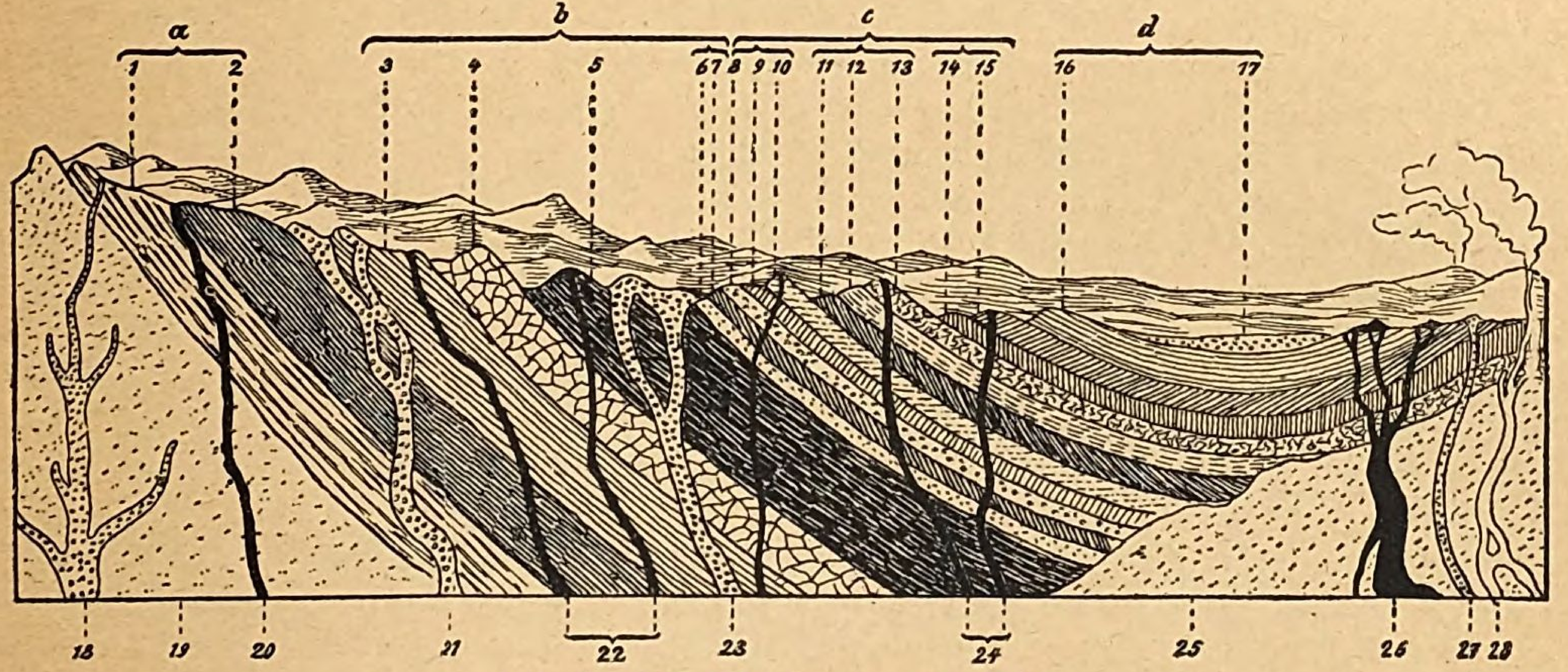
Von den paläozoischen Formationen (vgl. unsere Abb. auf S. 377) tritt die devonische in großen Gebieten an der Ost- und Südgrenze des plutonischen Gebietes Nordeuropas sowie an der nördlichsten Spitze Skandinaviens und in Gruppen auf, die sich südlich vom Polarkreise in der Mitte der Halbinsel bis an den Belt herunterziehen, zwischen Stockholm und Bergen auch die plutonische Formation durchbrechen. Dem plutonischen Streifen längs des Urals schließt sich gegen Westen hin ein eben solcher devonischer Formation an. Weitere dieser Formation angehörige Gebiete finden sich mehrfach in den westlichen Ländern Europas, teilweise auch in Deutschland. In Nordamerika ist das früher erwähnte plutonische Plateau an beiden Seiten von weiten Gebieten silurischer und devonischer Formation umschlossen, und diese erstreckt sich dann auch noch über verschiedene Teile des nordamerikanischen Archipels. In Südamerika finden sich der älteren paläozoischen Gruppe angehörige Formationen in Peru und Brasilien, in Afrika an der Kaffern-Küste, in Asien vereinzelt im südlichen Sibirien, um Lahore und in China, in Australien im östlichen Teile des Festlandes und auf Tasmanien zwischen plutonische Striche eingestreut. Die Verbreitung der jüngeren paläozoischen Formation, der Steinkohle, werden wir später kennen lernen.

Von den Formationen der mesozoischen Gruppe ist die Trias auf größeren Gebieten des europäischen Rußlands, im Südwesten der Vereinigten Staaten und in Mexiko, in Brasilien und Chile vertreten, während sich die dem Jura und der Kreide angehörigen Gebiete durch alle Teile Mitteleuropas, bis in die Pyrenäen- und Balkanhalbinsel hinab, und durch ganz Rußland bis an den Kaukasus, den Ural und das Karische Meer erstrecken. Auch im nördlichen Kleinasien, Syrien, Mesopotamien und westlich vom Indus finden sich breite Landstriche, die dieser Formation angehören.

Die Tertiärformation finden wir auf Island, in Spanien, Mittel- und Süditalien, an einzelnen Punkten Frankreichs und Deutschlands, im Donauthale und von da über die Länderstrecken nördlich vom Schwarzen Meere bis an die Wolga vertreten. Im nordwestlichen Küstengebiete Afrikas tritt die Tertiärformation abwechselnd mit der Kreide und fleckenweise auch in Unter- und Oberägypten zutage. In Asien ist es vorzugsweise der nördliche Teil Vorderindiens nebst Küstenstrichen am Busen von Bengalen, ferner das Gebiet zwischen dem Kaspischen Meer und dem Aralsee, wo die Tertiärformation, unterbrochen von Kreide, auf weite Flächen sich erstreckt. In Kamschatka umschließen

Tertiärgebiete den vulkanischen Rücken dieser Halbinsel. In China findet sich tertiäres Gebiet in Kanton, in Hinterindien um Rangun, im malayischen Archipel auf Sumatra und Java, sowie auf Neu-Guinea, in Australien an der West- und Südküste des Festlandes. In Amerika sind es namentlich die Küstengebiete um den Golf von Mexiko, im Norden und Südosten Südamerikas und Kaliforniens, ferner die Flußgebiete des Amazonen- und Laplata-Stromes, sowie des Makenzieflusses und des oberen Missouri, in welchem die Tertiärformation auftritt.

Die räumliche Ausdehnung der Schichtengesteine in vertikalem Sinne ist eine sehr verschiedene und Mittelzahlen können nur schätzungsweise und für die Hauptgruppen angegeben werden. Ernst Häckel giebt in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ fünf solcher Hauptabschnitte an, die er als primordiales, primäres, sekundäres, tertiäres und quartäres bezeichnet und nach der vorwiegenden Entwickelung bestimmter Tier- und Pflanzengruppen als die charakteristischen Zeitalter der Tange und Schädellosen, der Farne und Fische, der Nadelwälder und Reptilien, der Laubwälder und Säugetiere und endlich des Menschen und seiner Kultur hinstellt. Die Primordialzeit bildet nach ihm den ersten und längsten Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte, von dem er als wahrscheinlich



Idealer Durchschnitt der Erdrinde.

(Nach Ferdinand Hirts „Geogr. Bildertafeln“.)

I. Geologische Formationen: **a. Urgebirge:** 1. Urgneisformation; 2. Urschieferformation. — **b. Paläozoische Formationen:** 3. Silur; 4. Devon; 5. Steinkohle; 6.—7. Dyas (6. Rotliegendes, 7. Zechsteine). — **c. Mesozoische Formationen:** 8.—10. Trias (8. Buntsandstein, 9. Muschelkalk, 10. Keuper); 11.—13. Jura (11. Schwarzer Jura oder Lias, 12. Brauner Jura, 13. Weißer Jura); 14.—15. Kreide (14. Untere, 15. Obere Kreide). — **d. Känozoische Formationen:** 16. Tertiärformation; 17. Diluvium und Alluvium.

II. Eruptiv-Gesteine, durch welche die geschichteten Formationen durchbrochen werden: 18. Gang-Granit; 19. Granit; 20. Syenit; 21. Grünstein; 22. Porphyrit; 23. Quarzporphyr; 24. Melaphyr; 25. Granit; 26. Basalt; 27. Trachyt; 28. Lava.

annimmt, daß er länger war als alle übrigen vier Zeiträume zusammengenommen. Die Mächtigkeit der Formationsgruppen, welche diesem Zeitalter angehören, schätzt er zusammen auf 70000 Fuß, wogegen er den den übrigen vier Zeitaltern angehörenden Formationen im ganzen nur höchstens 60000 Fuß Mächtigkeit zuerkennt, und zwar 42000 Fuß den Formationen der Primärzeit, 15000 Fuß denjenigen der Sekundärzeit und 3000 Fuß denjenigen der Tertiärzeit, wovon nur ein kleiner Bruchteil (500—700 Fuß) der Quartärzeit zukommt.

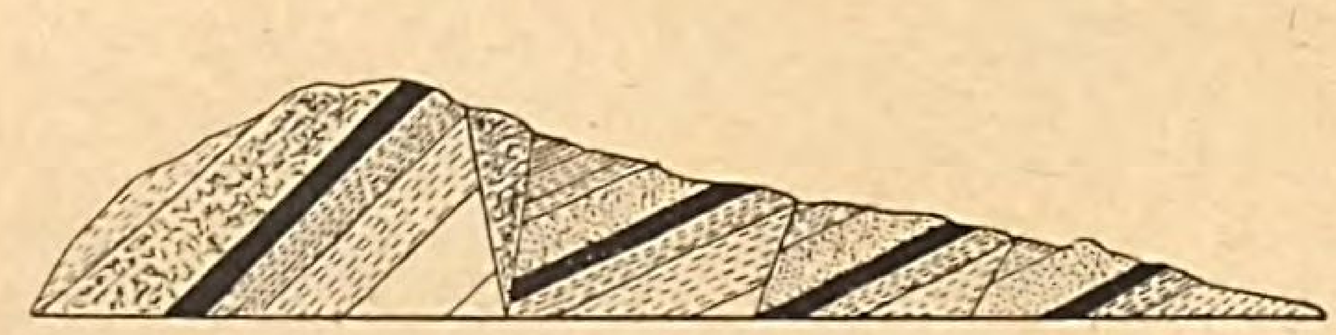
Die zeitliche Aufeinanderfolge der Schichtenbildung ist von der größten Bedeutung für die Entwickelungsgeschichte der Erde, denn sie stellt sozusagen das Inhaltsverzeichnis derselben dar. Unsere obenstehende Abbildung giebt ein anschauliches Bild derselben, indem sie einen idealen Durchschnitt der Erdrinde darstellt, in welchem sich die Schichten nach ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge übereinander lagern und zugleich ihre Durchdringung durch

die plutonischen und vulkanischen Eruptivgesteine veranschaulicht wird. Wir wollen hier nur beifügen, daß die als Urgebirge bezeichnete älteste Formationsgruppe auch als archäische („uralte“) Formationsgruppe bezeichnet wird und daß, auf die vorhin angeführte Einteilung Häckels bezogen, die Primordialzeit die Formationen bis einschließlich zur silurischen in sich faßt, während die Primärzeit der paläozoischen (d. h. Einschlüsse älterer vorweltlicher Tiere enthaltenden), die Sekundärzeit der mesozoischen (zwischen dem vorhergegangenen und dem nachfolgenden Zeitalter bezüglich ihrer organischen Einschlüsse die Mitte haltenden), die Tertiärzeit mit der gleichnamigen Formation der känozoischen (in ihrer organischen Form immer mehr der Gegenwart sich nähernden) Gruppe übereinstimmt, und Diluvium und Alluvium in Häckels Quartärzeit einbegriffen sind.

Wenn die Erdkruste sich nicht infolge des Einschrumpfens des Erdkernes gefaltet, stellenweise gehoben und an anderen Stellen wieder gesenkt hätte, so würden die Gesteinsschichten, aus denen diese Formationen sich zusammensetzen, in regelmäßiger Aufeinanderfolge — ähnlich den Schalen einer Zwiebel — den Erdkörper umhüllen und nur da Unregelmäßigkeiten aufweisen, wo sie in ihrer Bildung und Lagerung durch Einflüsse anderer Art, z. B. vulkanische Einbrüche, gestört worden sind. Wir können aber aller Orten, wo geschichteter Boden zutage liegt, mehr oder weniger umfangreiche Verschiebungen und Zerstörungen der Schichtenlagen beobachten, die allein jenen Vorgängen zuzuschreiben sind. Diese Veränderungen lassen sich nach zwei Hauptformen in Brüche und Falten einteilen.

Als Brüche bezeichnet Neumayr in seiner „Erdgeschichte“ solche Spalten, die den Zusammenhang zwischen ursprünglich einheitlichen Massen die Erde zerreißen und meistens senkrecht oder steil in die Tiefe setzen, seltener nur unter geringem Winkel geneigt oder nahezu horizontal sind. Häufig liegen die Seitenwände dieser Spalten dicht aneinander an und haben dann sehr oft glänzende Rutschflächen, wohl auch mit scharf eingeritzten Furchen, welche auf eine Verschiebung der Bruchränder gegen einander hinweisen und die Richtung angeben, in welcher diese erfolgt ist. Sehr oft aber befindet sich zwischen den beiden Seiten ein Zwischenraum, der bisweilen klafft, in der Regel aber durch einen „Gang“, eine Füllung von verschiedenen Mineralien, Erzen oder aus der Tiefe emporgedrungenen Eruptivgesteinen, geschlossen ist.

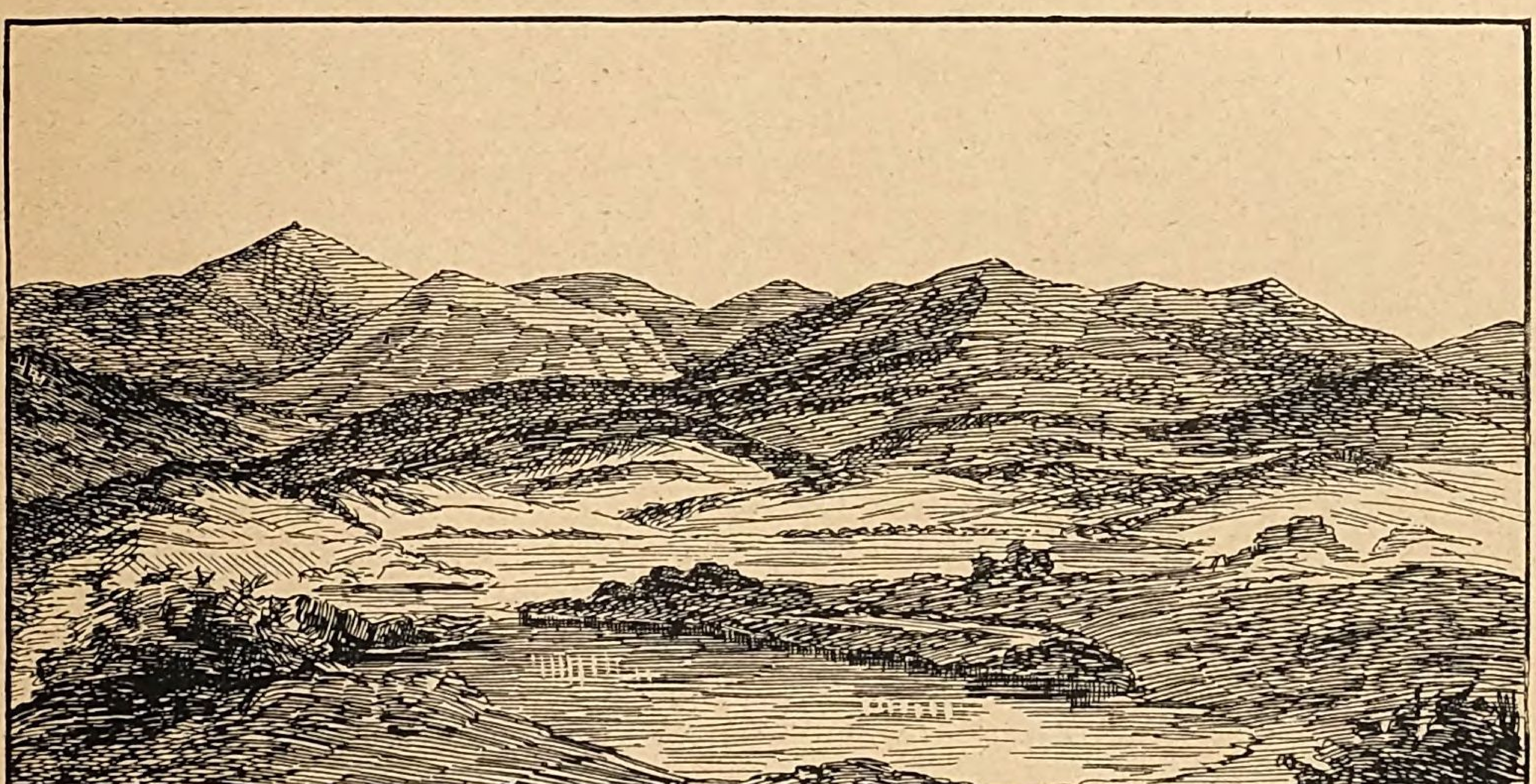
Zu beiden Seiten des Bruches tritt eine Bewegung der Massen ein, die manchmal eine Verschiebung derselben um nur wenige Centimeter, manchmal aber auch eine solche von mehreren Kilometern zur Folge haben kann. Findet dabei an der Bruchstelle ein Absinken des einen Teiles der durch den Bruch getrennten Masse statt, so daß er nunmehr von dem anderen Teile überragt wird, so entsteht eine Verwerfung, wie solche durch unsere untenstehende Abbildung mehrfach veranschaulicht wird. Der durch schwarze Streifen angedeutete Kohlenflötz*) ist in vier Stücke („Flügel“) gebrochen, die samt den sie bedeckenden und ihre Unterlage bildenden Schichten nebeneinander abgesunken sind. Außer den Verwerfungen kommen aber auch Verschiebungen in horizontalem Sinne vielfach vor, die in der Weise, daß der eine Flügel der gebrochenen Schichtenlage in der Richtung der Bruchfläche aus seiner ursprünglichen Lage geschoben erscheint. Setzen wir die Fingerspitzen unserer beiden Hände gegen einander, und denken wir uns, daß die sich berührenden Fingerpaare Flügel von Schichten darstellen, die durch einen längs der Fingerspitzen verlaufenden Bruch von einander getrennt sind, so können wir uns eine Verwerfung leicht veranschaulichen, indem wir die eine Hand nach abwärts rücken, so daß etwa die Spitze des Zeigefingers derselben nunmehr die des Ringfingers der anderen Hand berührt. Ent-



Treppenförmig verworfener Kohlenflötz.

*) Flötze nennt man Gesteinsschichten, die zwischen solche von anderer Art eingeschoben und durch besondere Eigenschaften, namentlich die Nutzbarkeit des Materiales, aus denen sie bestehen, ausgezeichnet sind.

fernen wir dagegen eine Hand von der anderen, indem wir sie mehr gegen die Brust heranziehen, oder von derselben entfernen, während die andere ihre Stellung unverrückt beibehält, so haben wir eine Verschiebung in horizontalem Sinne, wie sie z. B. in den Alpen nicht selten vorkommt, so z. B. am Thuner See, im Berner Oberlande, wo (nach Studer) die Verschiebung der entsprechenden Gesteinszone an den beiden Ufern ungefähr eine Meile beträgt. Nicht immer entsteht infolge der Senkung eines Teiles des Schichtsystemes ein Bruch, sondern es bildet sich an der Senkungsstelle nur eine Beugung oder Flexur der horizontalen Schichtenlagerung, die hier mehr oder weniger steil abfällt, in der tieferen Lage aber die horizontale Richtung nimmt. Kommt es zur Verwerfung, so tritt oft eine „Schleppung" der Bruchränder ein, indem die Schichten des stehengebliebenen Flügels an der Bruchstelle nach abwärts gezogen, jene des abgesunkenen dagegen hier aufwärts gerichtet erscheinen. Als Falten werden jene starken, wellenförmigen Biegungen bezeichnet, die die sedimentären Gesteine infolge seitlicher Zusammenschiebung ihrer Schichten annehmen.



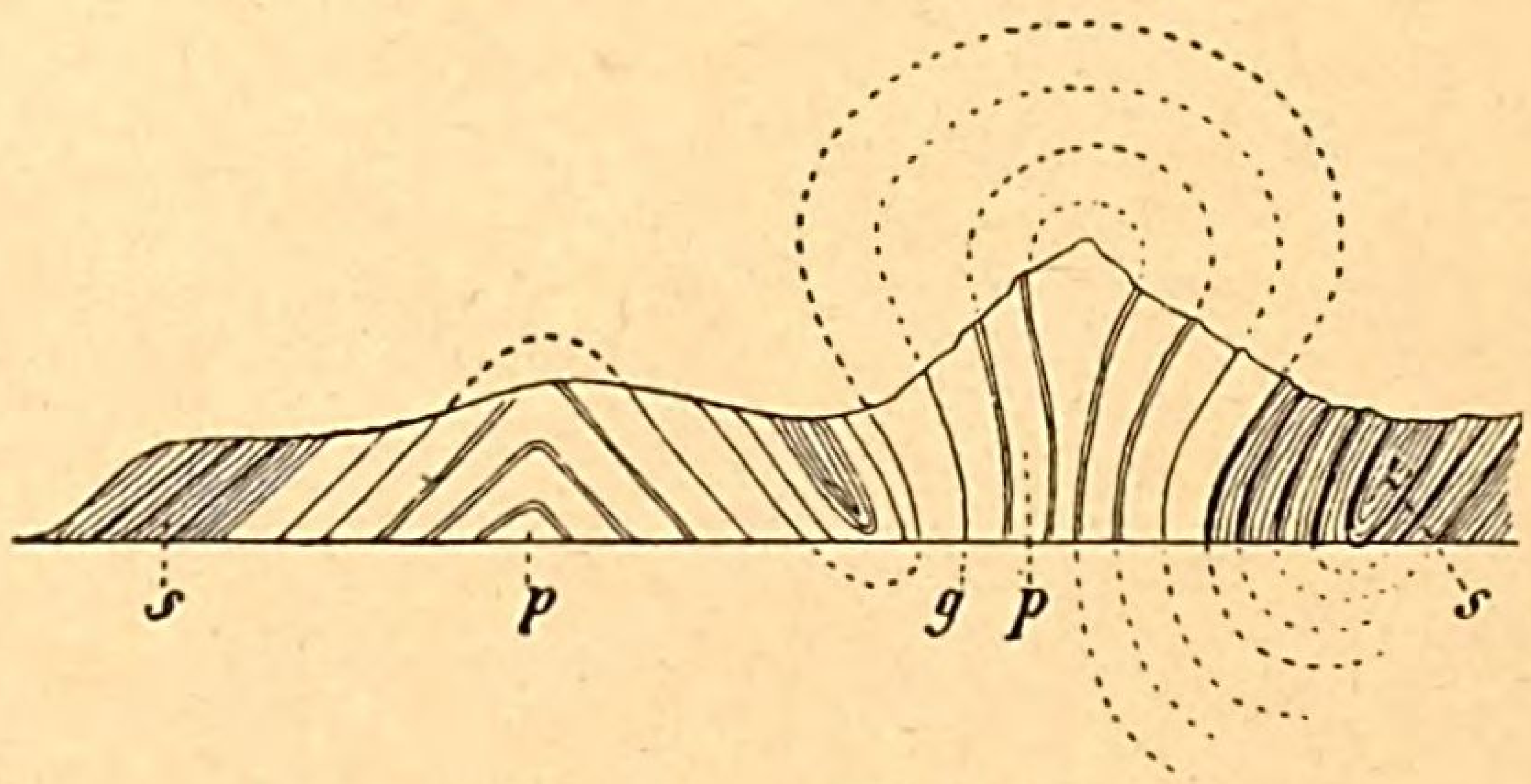
Kettengebirge.

Sind mehrere Falten aneinander gereiht, so bilden sie ein Faltensystem. Die größten Faltensysteme sind die Kettengebirge, deren Typus die obenstehende Abbildung, der ein Motiv aus dem Riesengebirge zu Grunde liegt, in charakteristischer Weise veranschaulicht. Die Falten unterscheiden sich je nach ihrer Stellung in stehende, schiefliegende und horizontale, und wo sie zu Systemen angeordnet sind, wechseln in regelmäßiger Weise Mulden und Sättel mit einander ab. Erstere sind rinnenartige Vertiefungen, letztere sattel- oder dachfirstähnliche Erhöhungen; je eine Mulde und ein Sattel bilden zusammen eine einfache Falte in der Weise, daß sie einen Flügel, den sogenannten Mittelschenkel, mit einander gemeinsam haben.

So häufig auch das Auftreten von Falten im Gebirge ist, so ist doch, wie Neumayr hervorhebt, die Art und Weise ihres Zustandekommens noch sehr fraglich. Die härtesten und sprödesten Gesteine sind oft ebenso, wie wenig widerstandskräftige, in den kühnsten Falten gebogen; Kalke und Dolomite, Sandsteine, Quarzite, Feuersteine, Gneise, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Thone, sie alle sind dieser Erscheinung gleichmäßig unterworfen, und es scheint kaum begreiflich, daß die starrsten unter diesen Mineralien die stärksten Krümmungen erleiden konnten, ohne in Splitter und Scherben zermalmt zu werden. Man könnte etwa vermuten, daß diese Faltungen vor sich gegangen sind, ehe die Gesteine erhärtet

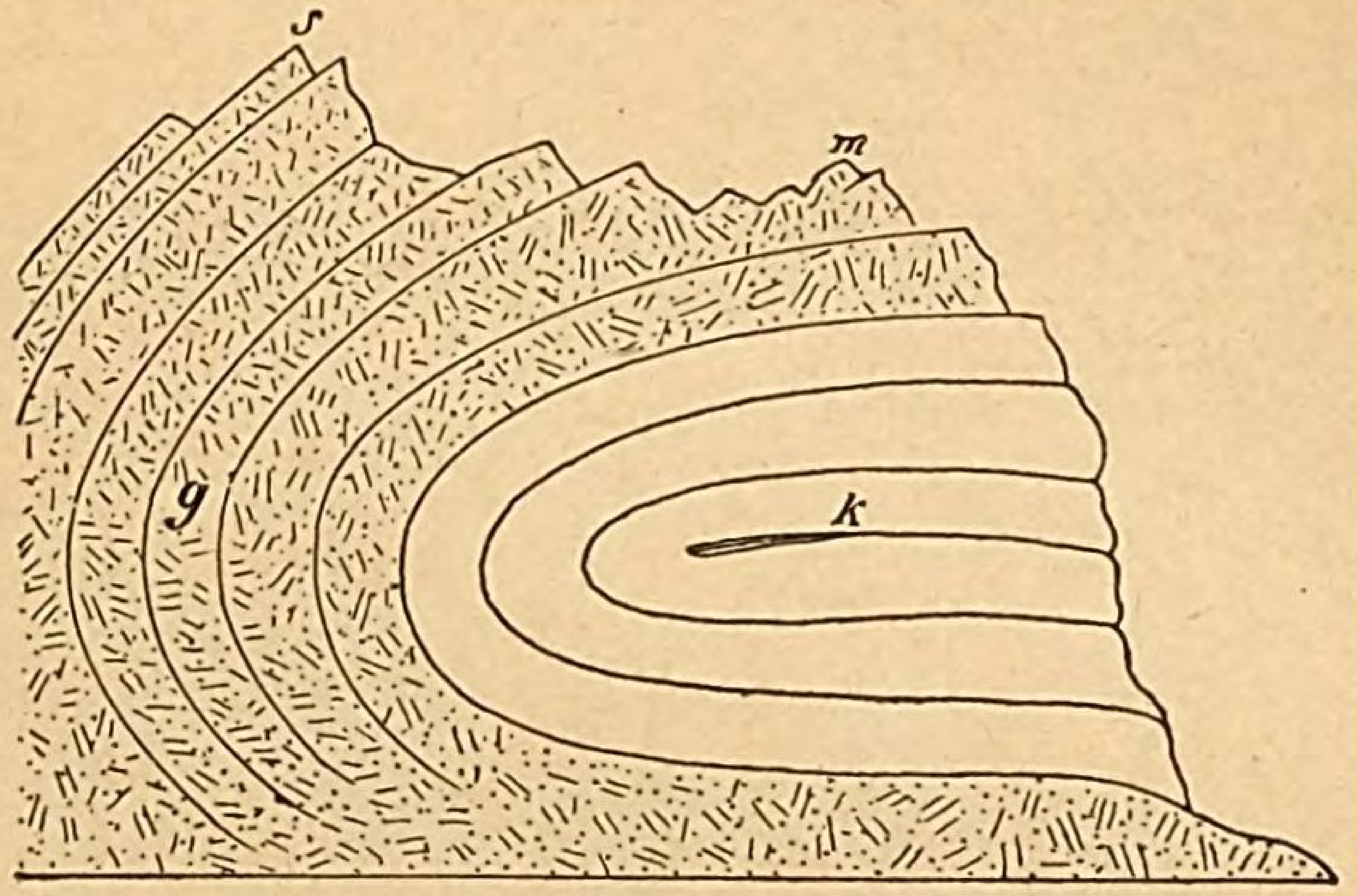
waren; allein eine solche Annahme ist unhaltbar. Wir kennen Fälle, in welchen eine und dieselbe Falte Gesteine paläozoischen und jungmesozoischen, sogar tertiären Alters umfaßt, und geradezu unzählig sind die Beispiele, in welchen ganze Schichtreihen in einer Falte vertreten sind. Es wird wohl kein Geologe der Ansicht sein, daß z. B. der Buntsandstein noch eine lose Sandbildung, der Muschelkalk ein unzusammenhängendes Haufwerk von Schalenzerreibsel war, als die obere Kreide sich ablagerte; um so weniger, als in Konglomeraten dieses oder selbst höheren Alters schon die Bruchstücke erhärteten Gesteines vorkommen, z. B. fester Jurakalk in Neokomgesteinen (ältester Kreide) der Karpathen.

In vielen Fällen allerdings ist das Material in der Region der stärksten Biegung zerbrochen, aber sehr häufig sieht man auch vollständig homogene Schichten sich in der wunderbarsten Weise krümmen. Der Züricher Geologe A. Heim nimmt an, daß alle Gesteine schon unter einem Drucke von etwa 2000 m auflastenden Schichtenmateriales in einen plastischen Zustand übergehen und dann ohne Bruch gebogen werden können; er ist sogar der Meinung, daß in solchen Fällen ursprünglich sehr mächtige Schichtsysteme auf einen geringen Bruchteil ihrer ursprünglichen Masse ausgewalzt werden können. Diese Annahme wird aber vielfach entschieden angefochten. Wenn auch manche außerordentlich verwickelte Faltungen in Gesteinen vorkommen, deren Bildung ohne eine gewisse Plasticität der betreffenden Substanz kaum denkbar erscheint, so haben doch mikroskopische Untersuchungen gezeigt, daß der Faltung eine neue Verkittung gefolgt ist. Gümbel hat Proben der stärkst gebogenen Stellen aus scheinbar ganz bruchlos gefalteten Gesteinen in Dünnschliffen unter dem Mikroskope untersucht und gefunden, daß diese Stücke, welche dem freien Auge selbst unter der Lupe ganz unzerbrochen erscheinen, bei starker Vergrößerung sich als zu feinem Staube zermalmt und dann wieder zusammengekittet erwiesen. Ob nebenbei auch völlig bruchlose Faltungen vorkommen, ist noch nicht festgestellt; thatsächlich ist es jedoch bisher noch nicht gelungen, Kalke und andere spröde Gesteine künstlich durch starken Druck plastisch zu machen, während bei anderen Stoffen, namentlich bei Metallen, dies wirklich der Fall ist. Von der Großartigkeit der Faltenbildung können wir uns nur dann einen Begriff machen, wenn wir bedenken, daß nur Bruchstücke derselben erhalten bleiben, der größte Teil des Materials jedoch durch Zermalmung, Verwitterung und Abspülung verloren geht. Betrachten wir die obenstehende Abbildung einer Faltenbildung, die wegen der fächerartig auseinanderstrebenden Anordnung der Schichtenlagen als „Fächer“ bezeichnet wird. Das Material setzt sich aus Gneis (mit g bezeichnet) Protogin (einer Kombination von Gneis mit einem kalkähnlichen Mineral, in unserer Abbildung mit p bezeichnet) und Schiefer (s) zusammen; man sieht, daß ein großer Teil desselben nicht mehr vorhanden ist, früher aber zu gewaltiger Höhe emporgetrieben gewesen sein muß, da die Faltenbildung nur unter dieser Voraussetzung erklärbar erscheint. Es muß angenommen werden, daß die krystallinische Masse durch seitliche Zusammendrückung gewaltsam bis zu einer gewissen Höhe emporgedrängt worden ist, worauf der obere Teil derselben zerbarst und in zertrümmertem Zustande auf der Oberfläche liegen blieb, um später weggespült zu werden, wogegen der stehengebliebene untere Teil sich fächerartig auseinanderbreitete. Ein noch großartigeres Beispiel von einer solchen Faltenbildung giebt das Querprofil des Mettenberges im Berner Oberlande (Abb. auf S. 381). Wir sehen hier, wie die ursprünglich obenauf gelegenen Kalksteinschichten (k) von dem in großen Massen empordrängenden Gneis (g) etwa so, wie man ein Blatt Papier zusammenfaltet, knieförmig umgebogen und übereinandergelegt worden und die unteren, älteren Schichten darüber gekippt sind, so daß sie jetzt die Oberfläche des



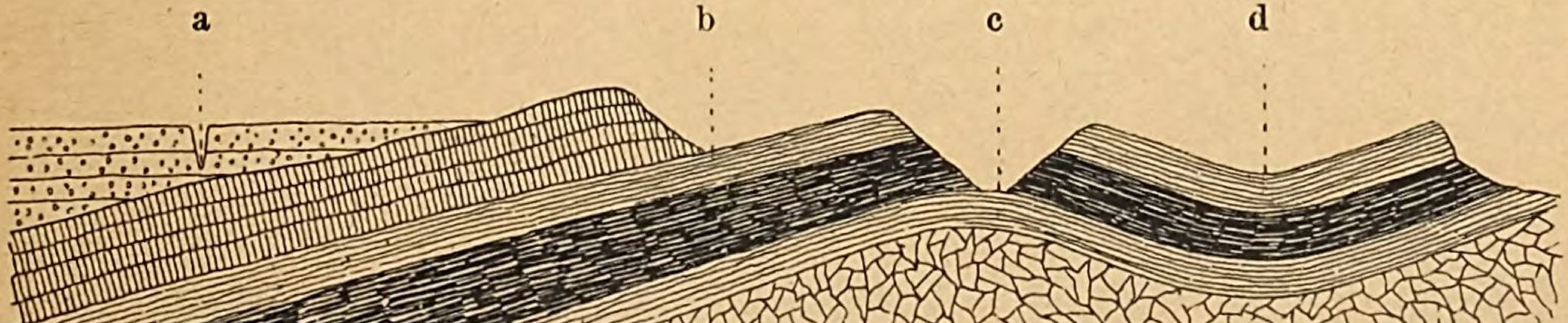
Gneisfächer nach Desor.

Gebirges bilden. Die mit s und m bezeichneten Punkte stellen das 3497 m hohe Kleine Schreckhorn und den nur wenig niedrigeren Mettenberg dar. Es sind hier Schichten zusammengepreßt, die, wenn man sie sich in einer Ebene ausgebreitet vorstellt, wie sie es ursprünglich jedenfalls waren, einen weit größeren Flächenraum bedecken würden als gegenwärtig. Denkt man sich die Falten, von denen nur ein kümmerlicher Rest noch vorhanden ist, in ihrer vollständigen Entwickelung, so kann man sich einen Begriff von der Masse des Materiales machen, daß hier seinerzeit vorhanden gewesen sein muß und nur durch Verwitterung und Fortspülung weggeschafft worden sein kann.



Querprofil des Mettenberges.
(Nach Ferd. Hirt's Geogr. Bildertafeln.)

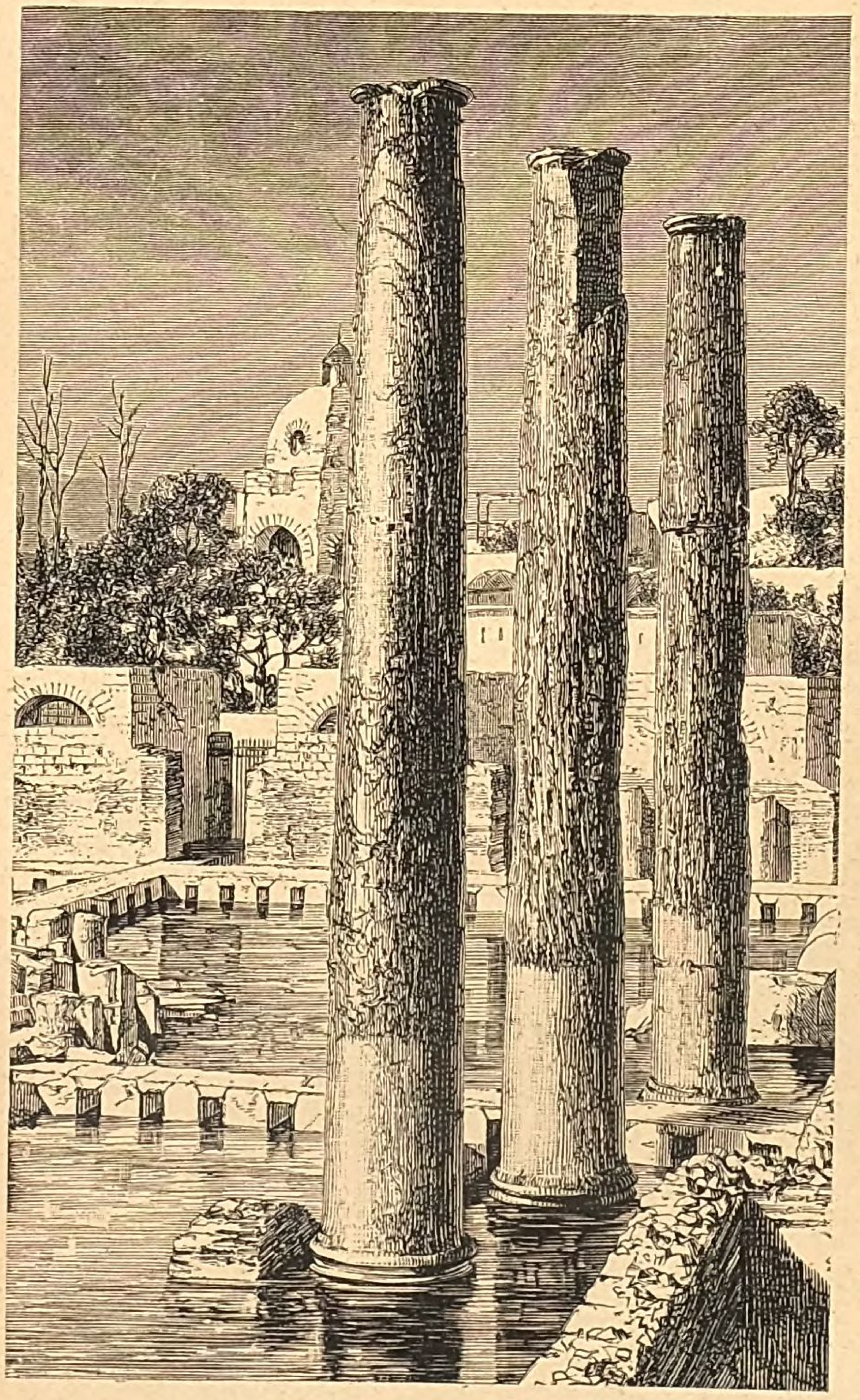
Die Faltenbildung ist das wichtigste Moment der Gebirgsbildung, und da von derselben zum großen Teil auch die Richtung der Wasserläufe abhängig ist, so giebt sie auch der Erosionswirkung des Wassers zum großen Teile die Richtung und bestimmt den Grad ihrer Wirksamkeit. Wo durch Brüche der Schichten Spalten entstehen, was natürlich immer auf den sattelartigen Erhebungen der Falten geschehen wird, da findet das fließende Wasser ein fertiges Rinnsal, und es entsteht durch seine Arbeit ein Hebungsthal. In den Einsenkungen der Muldenthäler in solchen Gesteinsschichten, die in ihrer natürlichen horizontalen Lagerung nicht gestört worden sind, muß sich das Wasser sein Rinnsal selbst ausgraben, und ein auf solche Weise entstandenes Thal nennt man ein Erosionsthal. Scheidethäler entstehen, wenn von zwei über einanderliegenden, schräg abfallenden Gesteinsschichten die eine nicht vollkommen die andere bedeckt, in welchem Falle das Rinnsal längs des Fußes der oberen Lage in die Decke der unteren sich einscheidet. Unsere untenstehende Abbildung giebt eine schematische Veranschaulichung dieser verschiedenen Thalbildungen. Auf weitere Aufzählung der mannigfaltigen Verhältnisse der Schichten- und Thalbildung einzugehen, ist hier nicht der Ort. Im Allgemeinen darf der Satz aufgestellt werden, daß die Entstehung der Festländer, Hochländer und Gebirge auf die Aufwölbungen und Faltungen der Erdrinde zurückzuführen sind, und daß diese im großen Ganzen die Hauptlinien der Wasserzüge, sowie die Verteilung von Wasser und Land bestimmt haben. Nach Sueß sind sämtliche Kettengebirge der Erde durch einseitigen horizontalen Druck der Erdrinde gebildet



Thalbildung.
a. Erosionsthal in nicht verlegtem Gestein. — b. Scheidethal. — c. Hebungsthal — d. Muldenthal.

worden. Infolge der Zusammenziehung des Erdkörpers wurde dessen Kruste zu wiederholten Malen aus ihrem Gefüge gebracht, einzelne Teile der Gesteinsrinde zerbrachen in Schollen, die sich an den Rändern übereinander oder gegeneinander aufrichteten und dadurch in die verschiedensten Lagerungsverhältnisse zu einander traten. Wo unter denselben Voraussetzungen

Einsenkungen entstanden, bildeten sie die Behältnisse für den wässerigen Niederschlag aus der Atmosphäre, und es entstanden die Oceane und die großen Binnenseen. Selbstverständlich änderten sich diese Verhältnisse, so bald neue Senkungen und Erhebungen ihren Einfluß auf dieselben geltend machten. Der Meeresboden wurde zu Festland und umgekehrt, und dies wiederholte sich oft mehrere Male nach einander. Selbst in historischer Zeit haben sich derartige Schwankungen vollzogen, wie dies in besonders deutlicher Weise die Säulen des Serapistempels bei Puzzuoli am Golfe von Neapel zeigen. Die Ruinen dieses Tempels bestehen aus drei Säulen, deren jede aus einem einzigen Steinblock gebildet ist und die ein wenig gegen das Meer geneigt scheinen. Sie haben, wie Meunier in seinem Werke „L'ecorce terrestre" (die Erdrinde) schreibt, ungefähr 13 m Höhe, ihre Oberfläche ist gleichförmig und zeigt keine Veränderung bis zur Höhe von 3,60 m von ihren Piedestalen ab gerechnet. Aber unmittelbar oberhalb dieses Gürtels sieht man einen anderen von ungefähr 2,70 m Höhe, in welchem der Marmor von einer Bohrmuschelart, die nur im Salzwasser lebt, angenagt ist. Als der Tempel erbaut wurde, muß er dicht am Meeresufer gestanden haben. Noch im Jahre 205 n. Chr. stand er unversehrt, später scheint er jedoch in Verfall geraten zu sein, und der Boden ringsum bedeckte sich mit Schutt, vulkanischen Materialien und Süßwasserablagerungen bis zu einer Höhe von etwa $3^1/_2$ m. Der Meeresboden fing nun an, sich allmählich zu senken; das Meerwasser vereinigte sich mit demjenigen einer warmen Quelle, die phosphorsauren Kalk enthielt und es bildete sich ein salziger Tümpel, der eine schwärzliche Kruste auf den von ihm bespülten Gegenständen absetzte. Allmählich ist dann das ganze Bauwerk bis zu der Höhe untergetaucht, die durch die obersten von den Bohrmuscheln hervorgebrachten Löcher gekennzeichnet ist. Später erfolgte wieder eine Erhebung des Tempels und heute liegt der Boden desselben etwa $^1/_3$ m unter dem Meeresspiegel. Da die Säulen des Tempels sich trotz ihrer Neigung nach der Meeresseite hin in aufrechter Stellung erhalten haben, so kann nicht angenommen werden, daß das zeitweilige Untertauchen dieses Bauwerkes durch ein Naturereignis gewaltsamer Art, also beispielsweise in Verbindung mit einem Erdbeben oder einer in nicht allzu großer Entfernung stattgehabten vulkanischen Eruption hervorgerufen worden



Säulen des Serapis-Tempels.



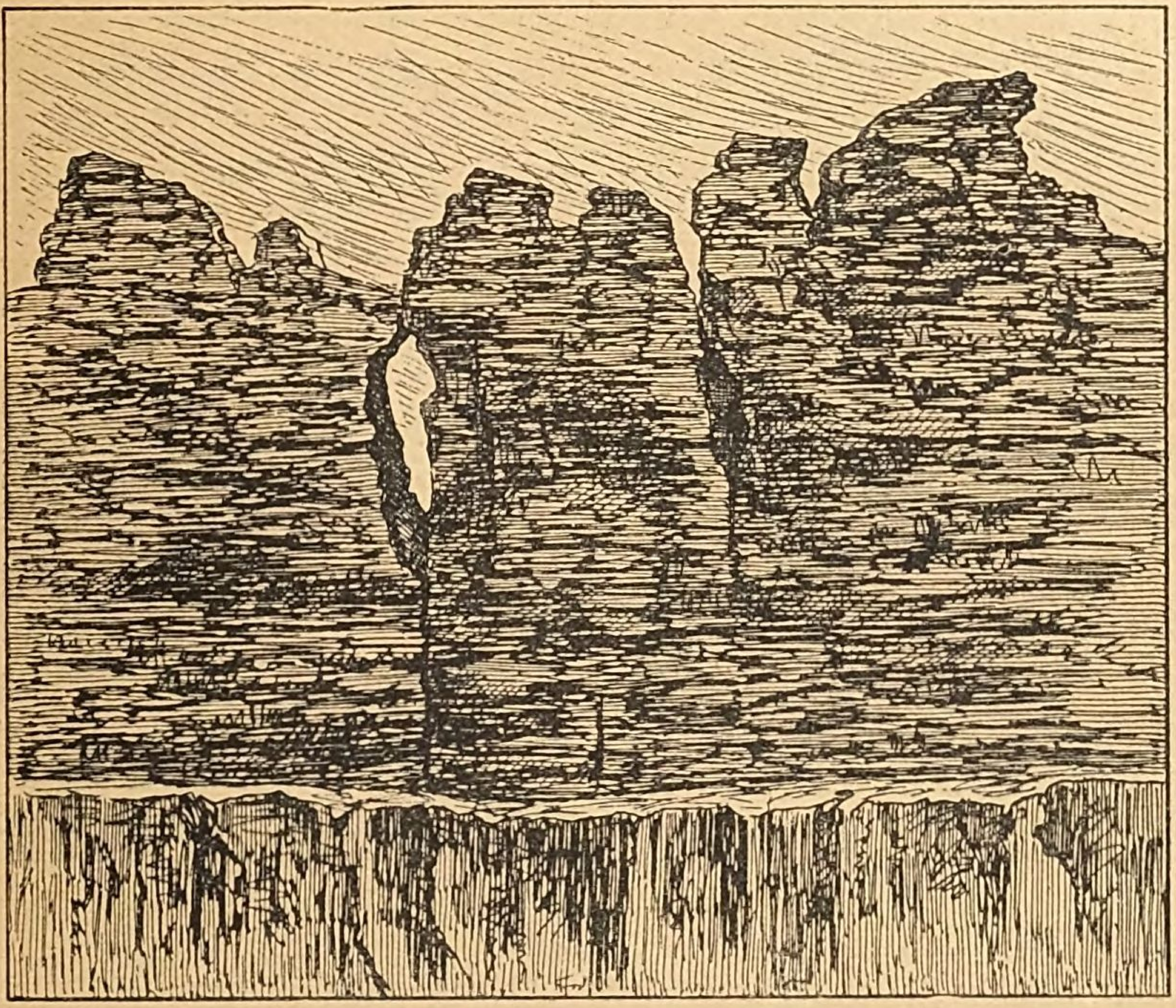
Matterhorn.

ist; man muß vielmehr an ein ganz allmähliches Sinken und Wiederemporsteigen des Bodens denken. Ob und in welcher Weise die Veränderungen des Meeresspiegels auch durch andere Veranlassungen als die Hebung und Senkung des Bodens herbeigeführt werden, ist fraglich. Man hat unter Anderem angenommen, daß die Wassermenge der Erdoberfläche in stetiger, wenn auch nur geringer Abnahme begriffen sei und diese Abnahme aus dem Versickern in die Tiefe und aus der Neubildung wasserhaltiger Mineralien herzuleiten versucht; dieser Annahme ist jedoch entgegengesetzt worden, daß durch die Vulkane und ihre Dampfausströmungen der Verlust unaufhörlich wieder ersetzt werde. Weit eher ist eine allmähliche Erhöhung des Meeresspiegels, der übrigens keineswegs in allen Oceanen das gleiche Niveau hat, durch die Zerstörung der Gebirge und der Oberfläche des festen Landes überhaupt durch die Erosion anzunehmen, deren Schuttmassen in das Meer abgeführt und auf dem Grunde desselben in Form der verschiedensten Ablagerungen aufgehäuft werden, so daß einerseits eine Verflachung und Erniedrigung des Landes, andererseits eine Erhöhung des Meeresspiegels stattfindet. Man berechnet die Erniedrigung der Kontinente, die auf diese Weise zu stande kommt, auf durchschnittlich einen Fuß in 600 Jahren; nicht in dem gleichen Verhältnis wächst jedoch der Meeresgrund empor, da dieser $2^3/_4$ mal mehr Oberfläche hat als das Land, so daß das Ansteigen des Wasserspiegels um einen Fuß aus den eben angegebenen Ursachen einen Zeitraum von ungefähr 16 500 Jahren in Anspruch nehmen würde. Uebrigens kommen in dieser Beziehung noch so viele andere Umstände in Betracht, daß die Gewinnung eines auch nur annähernd richtigen Schlußergebnisses aus solchen Kombinationen vollkommen unwahrscheinlich ist.

Wir haben als Hauptformen der Störungen, denen die Schichtenbildung ausgesetzt ist, die Faltung und den Bruch kennen gelernt. Je nach dem überwiegenden Hervortreten der einen oder anderen Form unterscheiden wir Falten- und Bruchgebirge. Das schönste Beispiel der Faltengebirge geben die Alpen, die stets als langgezogenes Kettengebirge auftreten. Im Allgemeinen verlaufen die Falten im rechten Winkel zur Druckrichtung, doch kommen auch vielfach Brüche und Verwerfungen vor. Im centralen Teile sind die Alpen, wie E. Fraas ausführt, mehr oder weniger in Fächerfalten gestellt, an die sich nach außen ein System von komplizierten liegenden Falten anreiht, die dann in ruhigere Falten auslaufen. Der ganze äußere Teil ist von Spalten und Verwerfungen so durchsetzt, daß dieses Gebiet oft mehr den Eindruck eines Bruchgebirges als den eines Faltengebirges macht. Die Bruchgebirge sind dadurch entstanden, daß einzelne Gebiete aneinander abgesunken sind, wobei es zu Brüchen oder Verwerfungslinien kam. Findet das Abgleiten in großen Tafeln statt, so entstehen Tafelbrüche, bei treppenförmigem Abgleiten Staffelbruch; bald erfolgt der Bruch nur auf einer Flanke, bald sinkt das Gebiet an beiden Flanken ab, wodurch die sogenannten Grabenversenkungen entstehen. Bleiben zwischen den abgesunkenen Schollen Gebiete stehen, so bezeichnet man sie als Horste.

Die Abtragung der Gebirge ist, wie schon im vorigen Kapitel gesagt worden ist, das Ergebnis der zerstörenden Thätigkeit des Wassers. Von der Wirkungskraft desselben ist das Matterhorn ein großartiger Beweis. Der gewaltige Zacken dieses 4582 m ü. M. sich erhebenden schauerlich schönen Gipfels stellt sich als ein isolierter Pfeiler dar, der aus einem früher vorhandenen Gewölbe förmlich herausgeschnitten ist. Auf der obersten Spitze der gegen 3000 m hohen Aiguilles Rouges (S. Abb. auf S. 385) bei Chamounix, dem Montblanc gegenüber, liegt eine isolierte kleine Scholle von horizontal gelagerten Schichten des oberen Jura, der sich nach keiner Richtung hin fortsetzt, aber offenbar den Erosionsrest einer ursprünglich zusammenhängenden horizontalen Decke darstellt. Schon solche Fälle, die sich in großer Menge anführen lassen, zeigen uns, wie Neumayr schreibt, daß in den Alpen nicht nur Thäler ausgetieft, sondern daß auch aus den Hochregionen Gesteinsmassen zerstört und weggeführt worden sind, deren Mächtigkeit nach Tausenden von Metern zählt; aber sie geben uns doch nur eine ganz unzulängliche Vorstellung von der ungeheuren Großartigkeit der Denudationserscheinungen, wie sie in Wirklichkeit stattgefunden haben. Um nur von diesen Rechenschaft zu geben, müssen wir

an die Thatsache anknüpfen, daß in vielen Fällen die Gipfel hoher Berge durch die untersten Muldenteile von Falten gebildet werden. Es ist also hier nicht nur der Gipfel durch Erosion aus einer ursprünglich in demselben Niveau gelegenen Masse herausgearbeitet, sondern dieselbe Gesteinspartie, welche wir heute eine gewaltige Hochzinne krönen sehen, scheint durch ihren geologischen Bau ursprünglich geradezu zur Sohle eines Thales bestimmt und war von weit höheren Gewölben umgeben und überragt, die durch Denudation (Entblößung) spurlos verschwunden sind. Heim bezeichnet die jetzige Oberflächengestalt der Alpen vorwiegend als ein Werk der Denudation und nimmt zunächst für die Centralalpen an, daß das Volumen des jetzigen Gebirges über dem Meeresniveau nur sehr wenig größer ist als das Volumen dessen, was schon durch Abtragung vernichtet ist. Doch betont Neumayr, daß man deshalb nicht annehmen dürfe, daß die Alpen wirklich jemals doppelt so hoch gewesen seien wie heute, daß die durchschnittliche Höhe von Gipfeln, Kämmen und

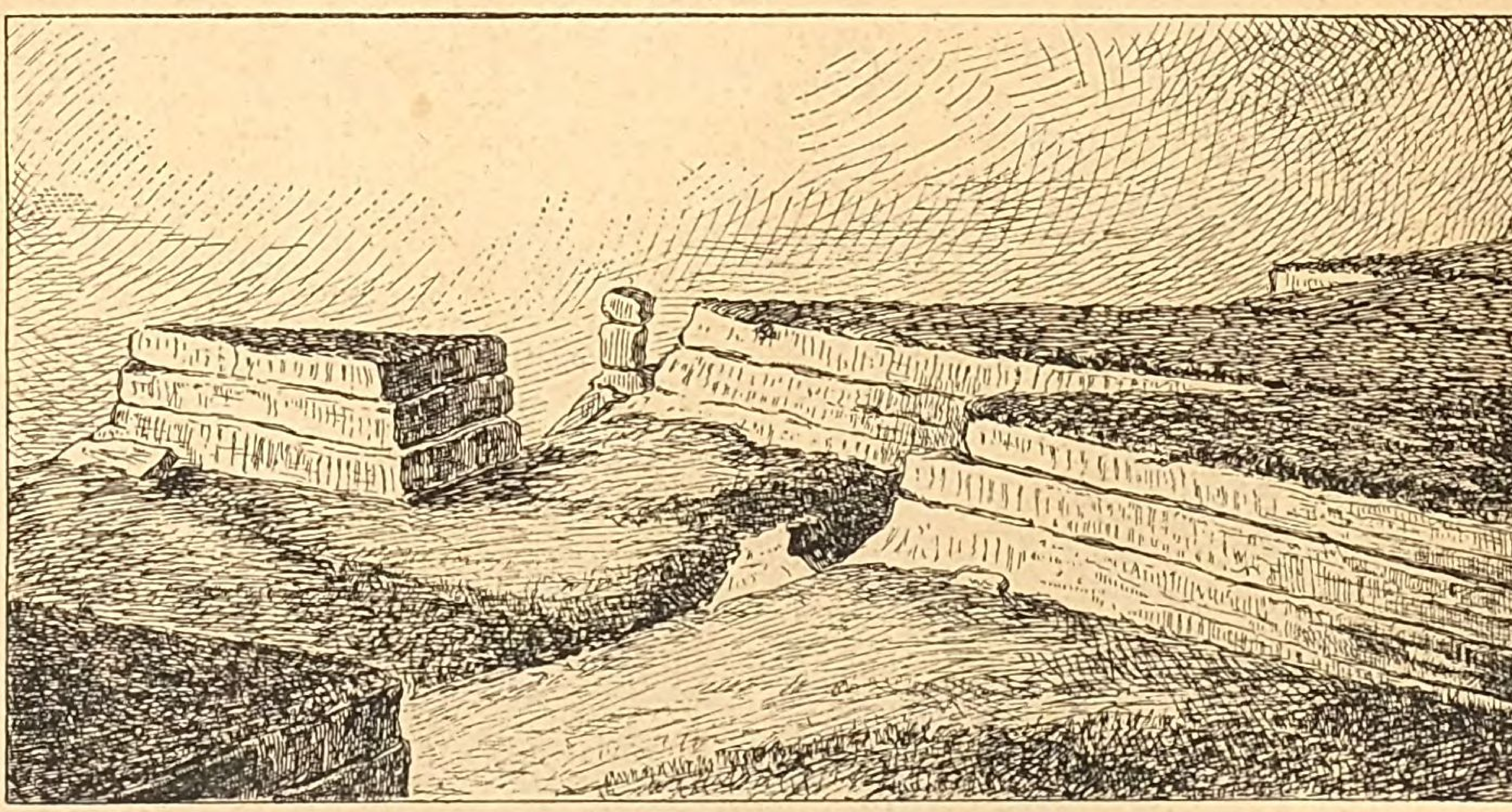


Der Gipfel der Aiguilles Rouges

Pässen noch einmal so groß gewesen sei wie jetzt, und daß der Montblanc den Gaurisankar und Kantschindschanga im Himalaja übertroffen habe. Zwar mögen die Alpen in der Pliocän- und Diluvialzeit nicht unbedeutend an Höhe verloren haben, aber die Denudation hat vom ersten Beginne der Aufrichtung an ununterbrochen gewirkt, die Alpen waren also, wie jedes Gebirge, schon von Anfang an eine Ruine. Die Erfahrungen an den Alpen lassen es auch als gerechtfertigt erscheinen, wenn wir wenig hervorragende Berggruppen mit gerundeten Rücken, aber stark gestörtem Schichtbaue, deren Aufrichtung in eine weit frühere geolotische Periode zurückreicht, wie z. B. das Bayrisch-Böhmische Grenzgebirge, als die sehr viel stärker denudierten Reste eines alpinen Hochgebirges aus früher Vorzeit betrachten.

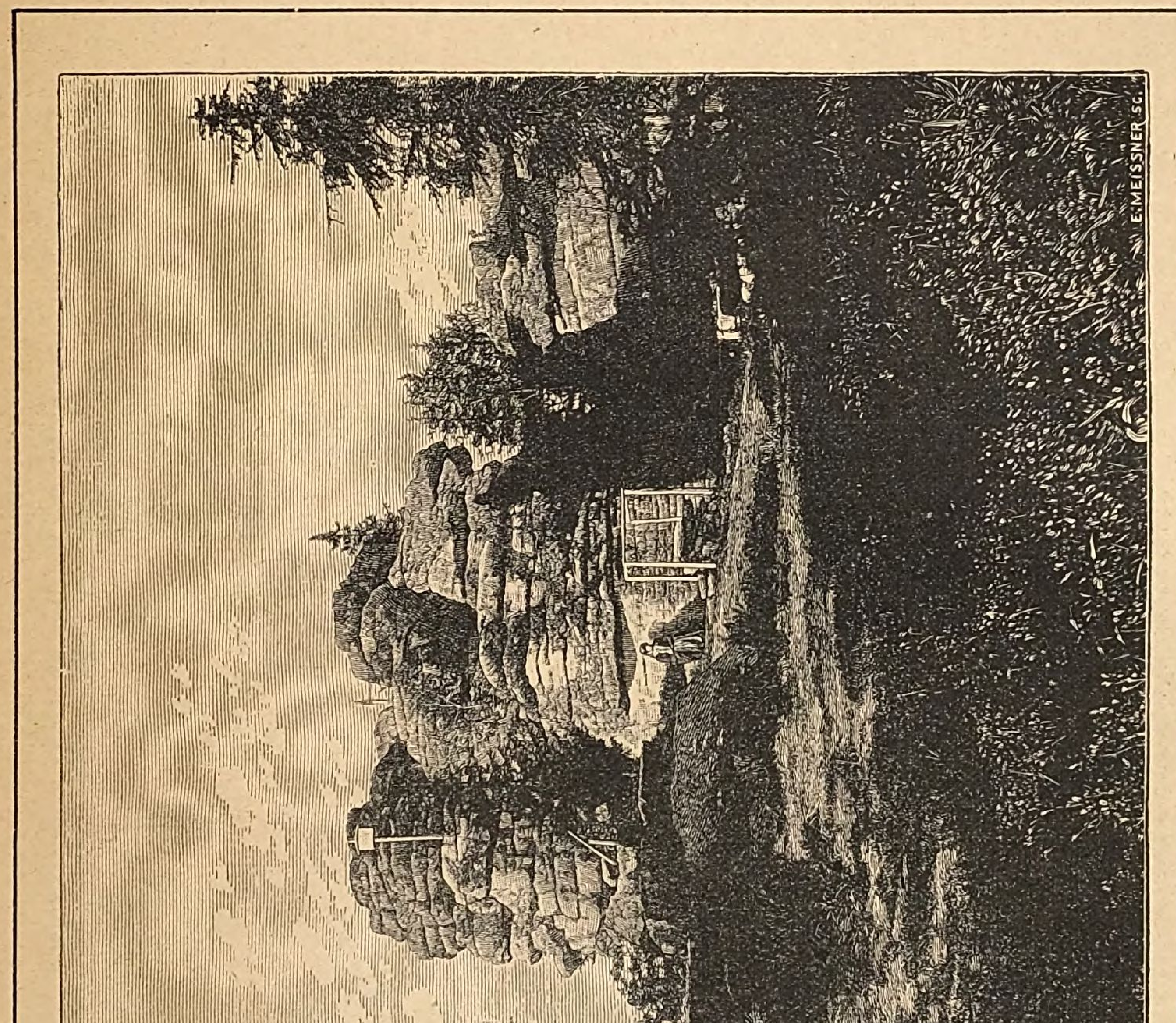
Wenn wir ein hochgebirgiges Land mit einer niedrigen Bergregion vergleichen, so fallen sofort in dem ersten die größere Zerrissenheit der Kämme und Gipfel, die schroffere

Begrenzung der Thäler, die größere Menge von Schuttmassen auf: kurz, jeder Blick zeigt uns, daß hier die Erosion in ungleich energischerer und kräftigerer Weise wirkt als in flachern Regionen. In erster Linie ist dies durch den Umstand bedingt, daß in den alpinen Kettengebirgen die Thäler noch unfertig sind, daß ihr Oberlauf noch sehr stark geneigt ist, das Wasser also mit außerordentlicher Energie angreift und dadurch naturgemäß auch für alle anderen Denudationsvorgänge eine steile Böschung geschaffen wird. Es gesellt sich dazu aber noch ein zweiter Umstand: durch die stärkere Erhebung erhalten die Hochregionen größere Niederschlagsmengen, sie sind stärkeren Temperaturschwankungen und namentlich einem der kräftigsten Angriffsmittel der Witterung, nämlich häufiger Frostwirkung, ausgesetzt. Selbstverständlich ist auch die größere oder geringere Widerstandsfähigkeit des solchen Angriffen ausgesetzten Gesteins maßgebend für die raschere oder langsamere Zerstörung desselben. Die krystallinischen Gebirge bieten der Verwitterung und Erosion einen weitaus größeren Widerstand als die sedimentären Bildungen, die durchlässigen unterliegen den Angriffen chemischer wie mechanischer Natur weit schneller als die undurchlässigen. Auswaschungen sind am meisten kahle, vegetationslose Flächen ausgesetzt, wenn ihre Masse aus



Hochebene auf der Rauhen Alb.

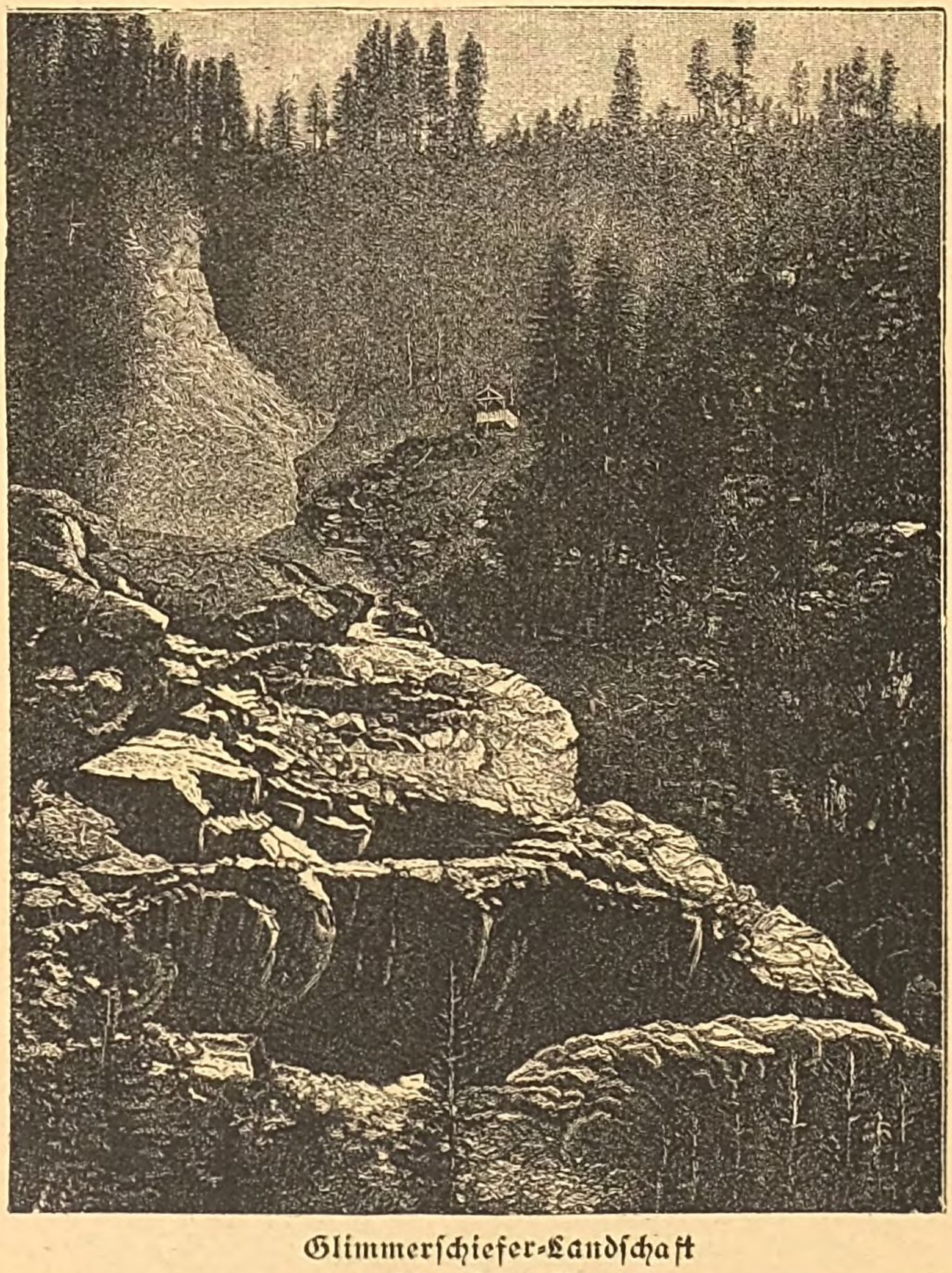
kalkigem oder thonigem Material oder loser Erdkrume besteht, besonders wenig geneigte Plateauflächen, deren Ränder steil gegen die Wasserkante abfallen. Aus der Art und Wirksamkeit der Angriffe, den Verhältnissen, unter denen sie erfolgen, und der Beschaffenheit des Materials, die davon betroffen werden, ergiebt sich nicht nur der Umfang der Zerstörung, die sie verursachen, sondern auch die durch ihre Einwirkung geschaffene Form der Gebirge, der Gebirgstypus. Treffend schreibt Schweiger-Lerchenfeld in seinem „Buch der Natur“: „Die äußere Erscheinung eines Granitgebirges ist eine wesentlich andere als beispielsweise diejenige eines Dolomitgebirges, oder eines durch seine Zerklüftungen und Höhlungen ausgezeichneten Plateaus aus Kreidekalk. Wie grundverschieden werden sich die Einzelformen eines Gebirgsstockes aus Sandstein und die einer Basaltbildung, diejenigen eines Gebirges aus Urgestein und die Massenablagerungen aus Trümmergestein ausnehmen. Neben der Form kommen auch die Farbe des Gesteins, sein Verhalten gegenüber den Niederschlägen und dem fließenden Wasser, seine Fähigkeit, bestimmte Umformungen einzugehen u. s. w., typisch zum Ausdruck. Die wasserbelebten Hochgründe des Urgebirges im Gegensatze zu den alle Niederschläge gierig verschluckenden und unterirdisch weiter führenden Kalkgebirgen; alsdann der Formenreichtum eines Dolomit-Kettengebirges zu der



Granitformation.

einförmigen Massigkeit eines Granitstockes; die phantastischen, durch Wasserthätigkeit hervorgerufenen Sandsteinbildungen im Gegensatze zu den finsteren, ungeheuren Erosionsschlünden im krystallinischen Massengebirge; die wechselnden Formen, welche durch die Lagerungsverhältnisse bedingt sind: das alles begründet einen Reichtum an physiognomischen Zügen, in welchen jener große Reiz ausgeprägt ist, der nicht bloß beim Studium, sondern selbst beim passiven Betrachten malerischer Gebirgsformen nachhaltig fesselt.

In sehr charakteristischer Weise schildert Neumayr die Verschiedenartigkeit der Gebirgstypen des Schwabenlandes. Wenn der Beobachter von einem dem Absturze der rauhen Alb nahe gelegenen Punkte des schwäbischen Unterlandes aus Umschau hält, so umgiebt ihn ein flachwelliges Hügelland, und vor ihm steht eine steile pralle Bergmauer, in welche eine Anzahl von Wasserläufen Bresche legen, während sich nach der Niederung hin isolierte Bergkuppen, die Achalm bei Reutlingen, der Hohenstaufen und zahlreiche andere, von ihr loslösen. Eine Untersuchung der Gehänge ergiebt horizontale Lagerung der Schichten, wenig gestört, wenn auch von einzelnen mehr oder weniger senkrechten Klüften durchsetzt, die aber auf den gesamten Landschaftscharakter keinen oder nur einen geringen Einfluß ausüben. Erreicht man die Höhe des Absturzes, so befindet man sich auf einer welligen Hochfläche, welche ebenfalls hier und da einige Kuppen trägt und sich in der Regel noch zu einer zweiten Terrasse erhebt. Im Ganzen zeigt sich eine Oberflächengestaltung, die mit jenen gewaltigen Massenbewegungen nichts zu thun hat; wir sehen lediglich einen reich gegliederten Plateaurand vor uns, der durch allmähliche Erosion entstanden ist. Die mächtige, an 1000 Fuß dichte Kalktafel, welche die Höhe der Alb krönt, setzte sich ursprünglich als zusammenhängende Fläche nach Norden fort, sie wurde aber im Laufe vieler Jahrmillionen mehr und mehr von Gewässern angegriffen, abgenagt und eingeengt; der Steilrand läßt die Linie erkennen, bis zu welcher dieser Prozeß vorgeschritten ist. Unsere Abbildung auf S. 386 zeigt einen Teil der Hochebene selbst.

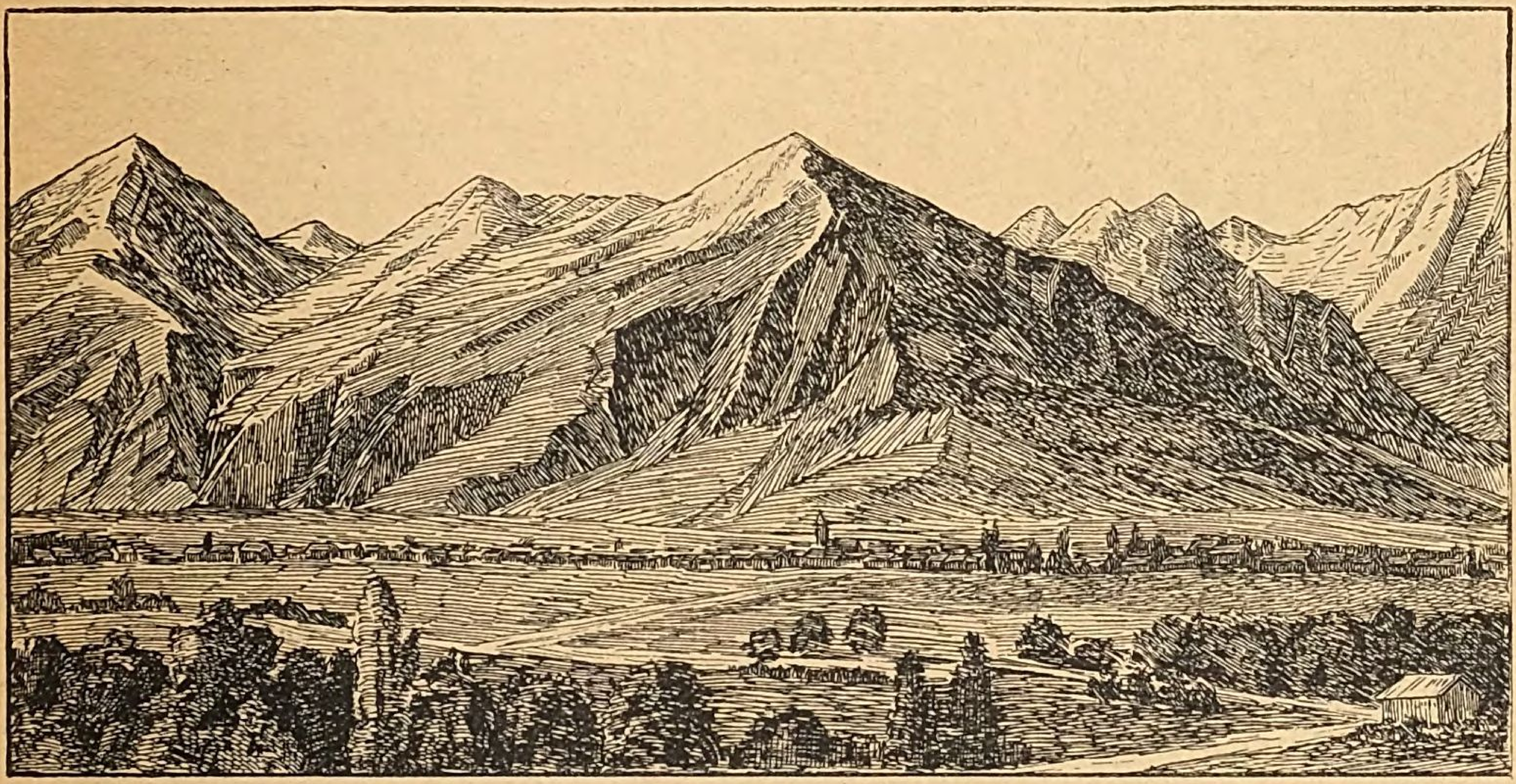


Glimmerschiefer-Landschaft
aus den Hohen Tauern.

Ein ganz anderes Bild erscheint, wenn man etwa vom Turme des alten Münsters zu Freiburg im Breisgau Umschau über das ganze Land hält: im Norden erhebt sich nach allen Seiten frei aus der Rheinebene der Kaiserstuhl, eine Gruppe dicht zusammengedrängter

Berge, ohne deutlich ausgesprochene Anordnung zu Ketten und weit entfernt von Plateaubildung, wie sie an der schwäbischen Alb auftritt. Beim Besuche der Höhe finden wir nur Eruptivgesteine und Auswurfsprodukte, wir sehen lediglich die Aufschüttungen, welche eine Gruppe von Vulkanen aus der Tertiärzeit um die Ausbruchsstellen aufgeworfen hat. Auch der Kaiserstuhl muß nach dem Sprachgebrauche als ein Gebirge gelten, aber in ihm finden wir nichts von jenen tiefgreifenden Störungen, welche die großen Formen der Erdrinde verändern und ihre festen Massen verschieben.

Schauen wir von demselben Turme aus nach Osten, so erhebt sich vor uns die dunkle, unförmliche Masse des Schwarzwaldes. Der Hauptsache nach besteht sie aus uralten Gesteinen der Gneis- und Granitfamilie. Die Schichten des ersteren sind aufgerichtet, aber die Richtung derselben übt nur eine untergeordnete Wirkung auf die Kammbildung und die Terrainformen aus; vielfach sind Partien von Absatzgesteinen, namentlich vom Buntsandsteine der unteren Trias, dem Urgebirge horizontal an- und aufgelagert. Fragen wir nun, welchem Vorgange der Schwarzwald seine Gestalt als Gebirge verdankt,



Gebirgsmassiv aus Granit und Gneis.
Nach einem Motiv aus der Hohen Tatra.

so erhalten wir die Antwort, daß vielfach in seiner Masse, der Längserstreckung parallel, ungefähr von Norden nach Süden, Spalten oder Bruchlinien verlaufen, längs deren Massenverschiebungen in der Weise stattgefunden haben, daß an der Spalte immer der von der Mittellinie des Gebirges weiter abgelegene Teil abgesunken ist. So waren Schwarzwald und Vogesen einst eine zusammenhängende Masse, und das Rheinthal zwischen ihnen hat sich gebildet, indem ein breiter Streifen in der Mitte in die Tiefe gebrochen ist. Auch nach Osten zu hatte das Land früher dieselbe Höhe wie der Schwarzwald, aber längs einer Reihe paralleler Spalten sind die Schichten abgesunken, so daß nun von einem dieser Brüche zum anderen ein staffelförmiges Ansteigen gegen die Höhe stattfindet. Schwarzwald und Vogesen sind lediglich stehen gebliebene Pfeiler, sogenannte Horste, die sich in ursprünglicher Lage erhalten haben, während alles Uebrige in der Umgebung niedergesunken ist. Aber auch das Gebirge selbst war ursprünglich wohl weit höher, denn wir haben alle Ursache zu der Annahme, daß einst über den höchsten Kuppen noch die ganze Mächtigkeit der Trias- und Juragesteine, wohl über 1000 m betragend, lag und im Verlaufe der Zeit durch Abtragung zerstört wurde.

Schaut man von einer der bedeutenderen Höhen des südlichen Schwarzwaldes, etwa von dem Wartturme des Felsberges, an einem klaren Tage nach Süden, so erblickt man in ungeheurer Ausdehnung am Horizonte die riesige Zackenmauer der Alpen; vom Hochvogel im Allgäu bis zum fernen Eisdome des Montblanc drängt sich Gipfel an Gipfel. Hier sind die Schichten gewaltig zerstört, zu mächtigen Falten sind die Gesteine aufgestaut und aufgepreßt, in schärfster Entwickelung treten die Kammlinien in mehrfacher Folge hintereinander auf, und jede Kette ist in ihrem Verlaufe von der Schichtstellung, von der Anordnung der Falten und Störungslinien streng abhängig, während die Erosion, wenn auch in riesigem Maßstabe thätig, nur die Modellierung der Einzelheiten bedingt: es ist der vollkommenste Typus eines Kettengebirges.



Pentacrinus Briaroides,
Seelilie aus dem ältesten Jura.

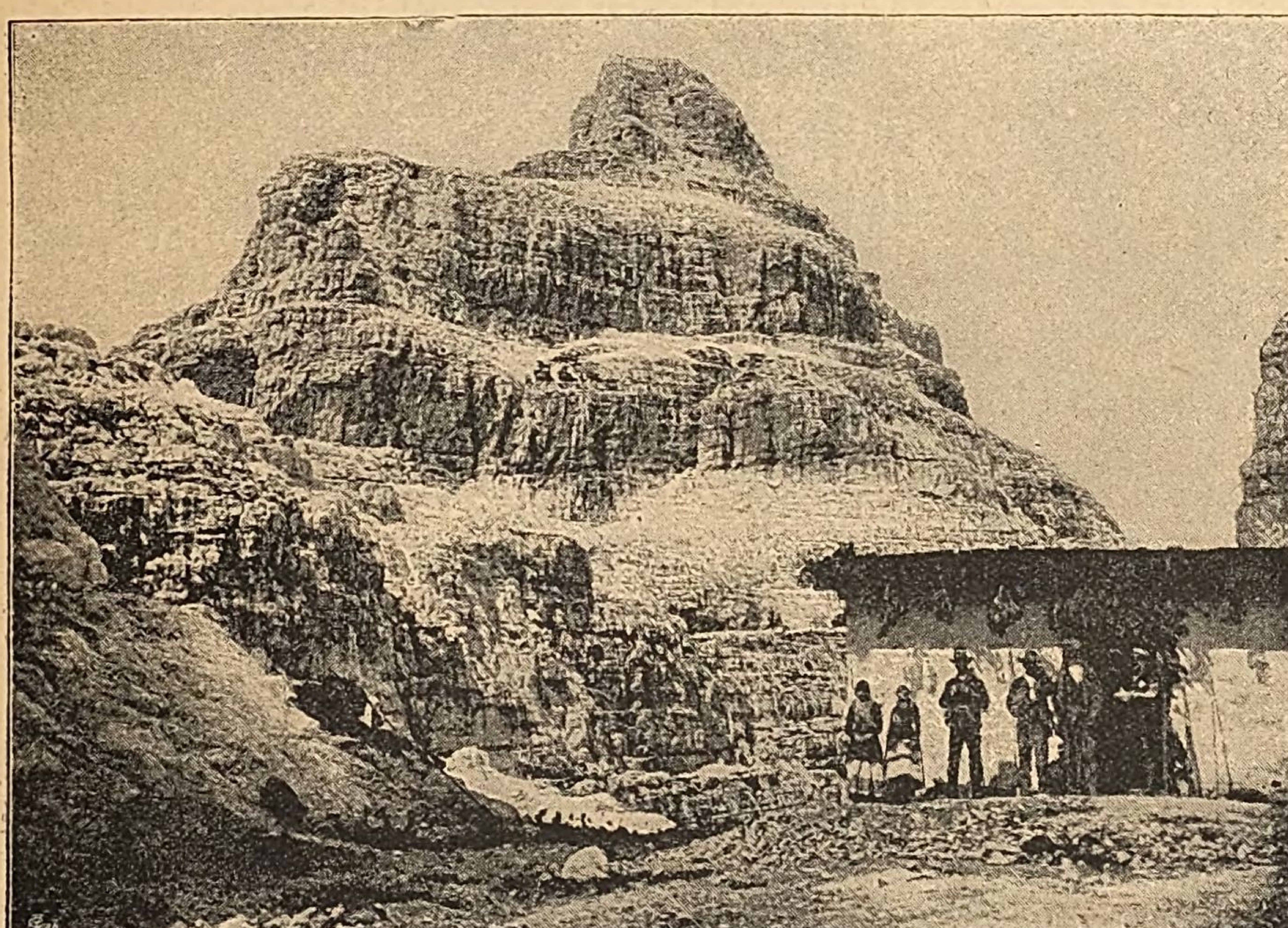
Wir wollen nun die Charakteristik der verschiedenen Gebirgstypen nach der zeitlichen Aufeinanderfolge der Formationen, denen sie angehören, in kurzen Zügen skizzieren, wobei wir hauptsächlich dem vorgenannten Werke Schweiger-Lerchenfelds folgen.

Das der Primordialzeit entstammte Urgebirge besteht durchweg aus krystallinischen Gesteinen, welche zum Teile von metamorphischen Sedimentgesteinen überlagert sind. Neben Einlagerungen von krystallinischem Kalk und Graphit ist diese Formation häufig von Eruptivgesteinen (Granit und Syenit) durchbrochen. Der Granit bildet einzelne Berge und ganze Gebirge von bedeutender Ausdehnung. Die äußeren Formen sind sehr verschieden. Tritt eine gleichmäßige Zersetzung des Gesteins ein, so entstehen Berge und Hügel von ziemlich abgerundeter Form, während in dem Falle, daß härtere Granite sich zwischen Granitmassen von leichter Zersetzung befinden, wie es fast immer zu finden ist, Gebirge, große Felsen, Hörner, Nadeln, tiefe Schluchten, schroffe Mauern bilden und durch die vielen Durchklüftungen gleichsam aus Blöcken zusammengesetzt erscheinen. Die Thäler sind tief und enge mit starkem Gefälle, oft mit abgerissenen Blöcken, die klippenartig von der Sohle emporragen, angefüllt. Das Syenitgebirge tritt mit spitzigen Gipfeln, aus gezackten Kämmen und mit steilen, gefurchten, von Blöcken überlagerten Hängen auf. Thonschiefer setzt wegen seiner horizontalen Schichtung Ebenen und Bergplateaus zusammen, von abgerundeten Kuppenformen, niemals aber von Felsspitzen überragt. Die Thäler sind zuweilen tief, mit steilen klippigen Wänden und wildem Charakter.

Der Glimmerschiefer bildet breite Felsrücken mit hervortretenden Kämmen, Berge von pyramidenförmiger Gestalt, zackige Gipfel und schroffe Thaleinschnitte. Die Höhenzüge sind nur durch niedrige Sättel getrennt. Der Gneis, welcher die gleichen Gemengteile wie der Granit (Quarz, Feldspat und Glimmer) zeigt, hat eine große Verbreitung, bildet schroffe Umrisse, terrassenförmig sich erhebende Berge und zackige Gipfel, während Felswände nur im stark zerklüfteten Gneis der höheren Gebirge vorkommen, wo das Massiv, durch Querthäler gespalten, Paßeinschnitte aufweist. Die Thäler und Schluchten sind meist sanft, erstere oft von kesselförmiger Ausweitung. Der Gneis begleitet fast überall den Granit.

Die silurische Formation ist gekennzeichnet durch das ältere Uebergangs- oder Grauwackengebirge, dessen Schichten meist stark verworfen sind und durch die großen Massen der Formen auffallend von anderen Gesteinen sich unterscheiden. Die Grauwacke hat weite Verbreitung und bildet namentlich in hohen Lagen Formen von wildem und grauem Charakter, insbesondere in den Thälern, und scharf eingeschnittene Kämme. Die untersten (kambrischen) Schichten des Silurs enthalten die ältesten, unzweifelhaft organischen Ueberreste.

Wir gehen nun zu den Formationen der Primärzeit über. Die devonische Formation, das jüngere Uebergangs- oder Grauwackengebirge, ist zusammengesetzt aus Grauwackensandstein, Thonschiefer und Kalk, ferner aus Konglomeraten von grobem Quarz, rotem Sandstein und Grünstein. Letzterer tritt nie in größeren Massen auf, sondern bildet nur Stöcke, Lager und Gänge. Die Steinkohlenformation besteht in ihrer

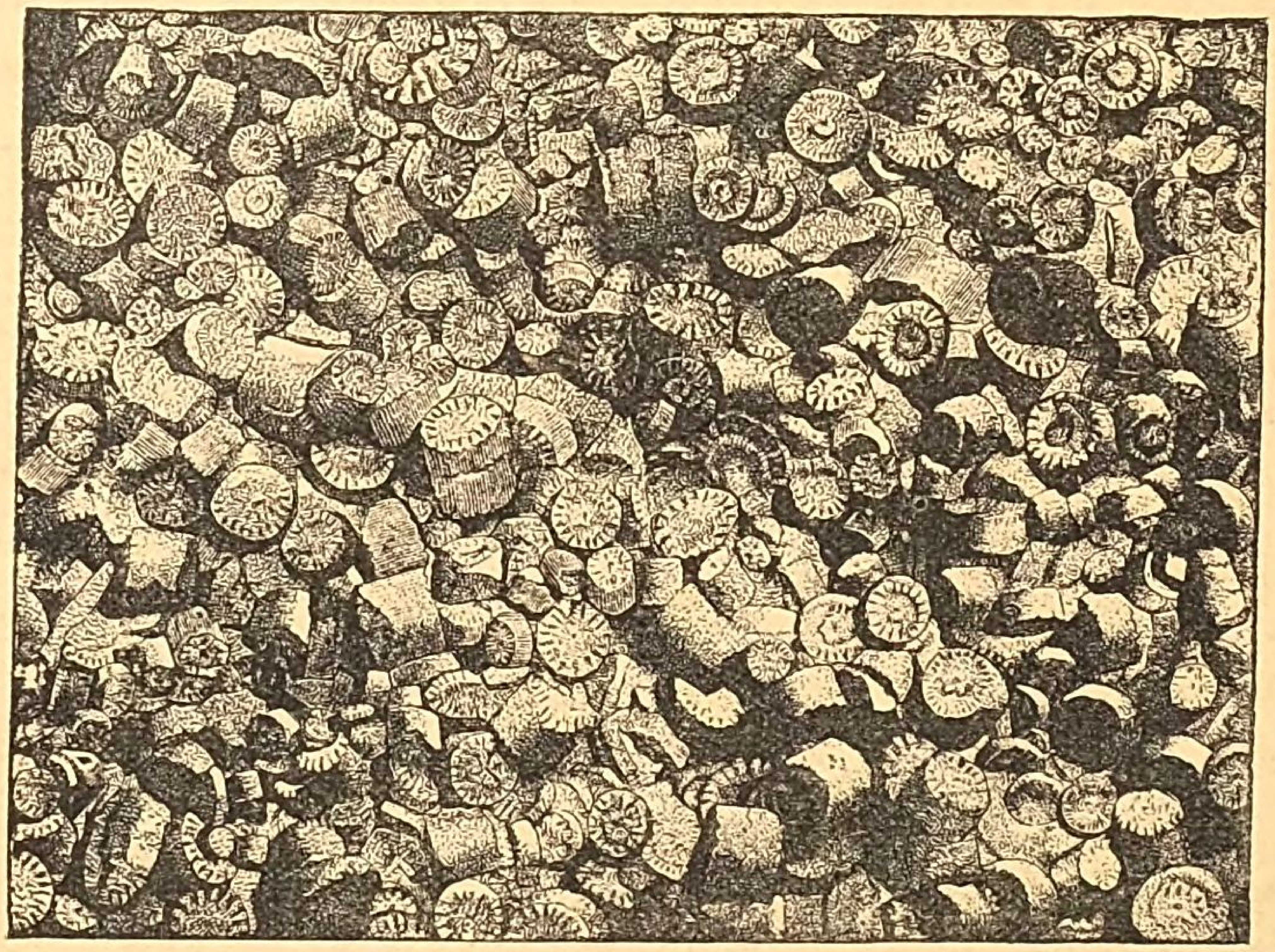


Dolomitenstock der Brenta Bassa.

untersten Schicht in der Regel aus groben Konglomeraten, die nach oben feiner werden und endlich in Kohlensandstein übergehen; weiter aufwärts folgt Thonschiefer, der meist dunkelfarbige Kohlenschiefer. In ihm finden sich die meisten Pflanzenreste, teils Massen, in denen die umgewandelten Hölzer noch zu erkennen sind, teils zierliche, wohlerhaltene Abdrücke von Blättern, Nadeln, Stengeln, Früchten, Rindenstücken. Die organischen Ueberreste, die sich in diesen Schichten oder an deren Begrenzungen finden, zeigen an, ob die Kohle am Rande salziger oder süßer Gewässer entstanden ist.

Die Dyas, deren Bildungen von eruptiven Gesteinen in ihren Lagerungen erheblich gestört wurden, ist stellenweise reich an Kupfererzen (Kupferschiefer). Die Porphyre, welche die Dyasbildungen durchsetzen, treten in Gebirgsform, selten in geschlossenen, meist in zerstückten, zerrissenen Massen auf, mit steilen Kegelformen und scharfen, sehr schmalen Brücken. Die Abhänge sind steil, felsig, mit Trümmern besäet, die Thäler eng, die Schluchten mit wild übereinander gehäuften Felsmassen angefüllt.

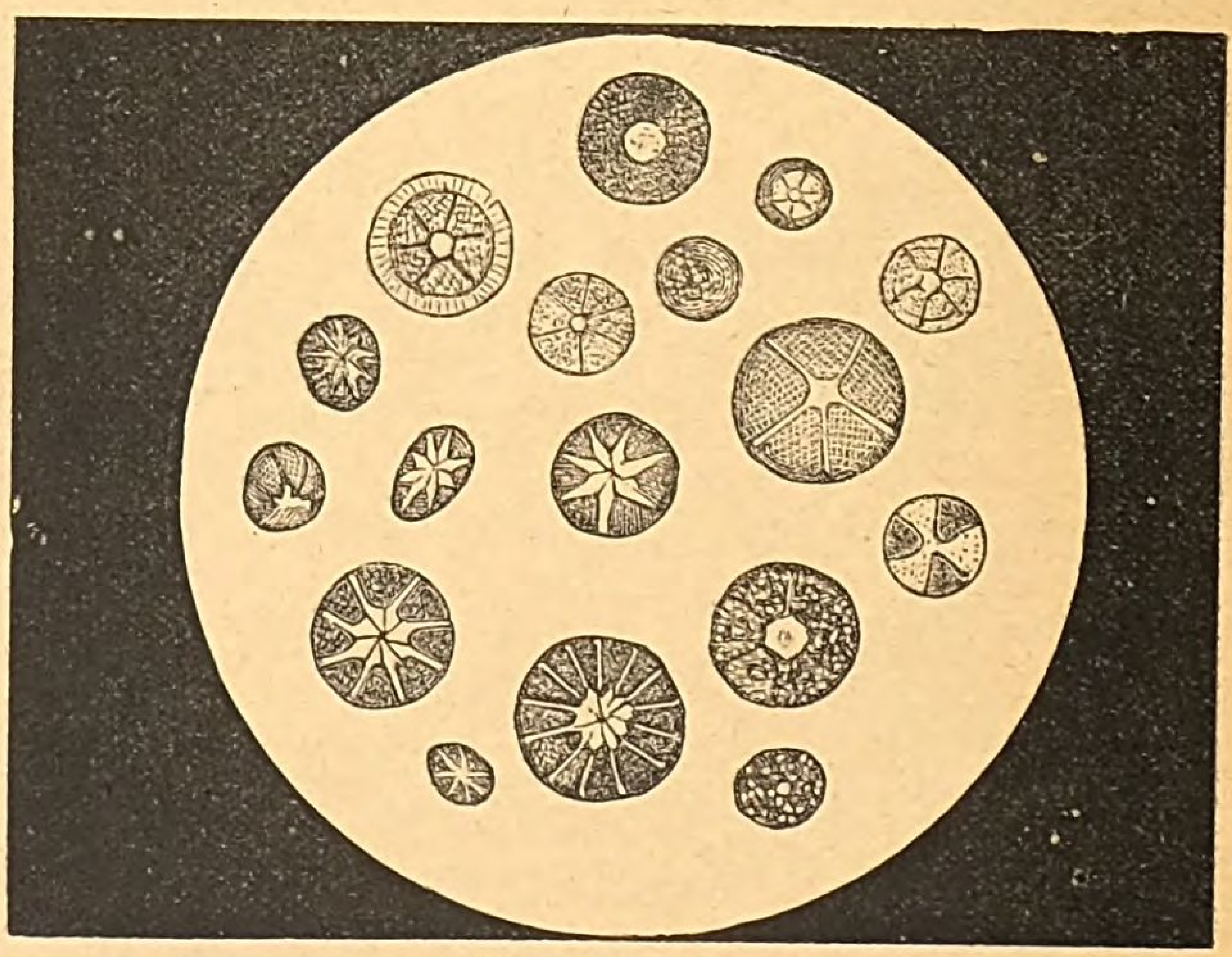
Die älteste Formation der Sekundärzeit, diejenige der Trias, ist ausgezeichnet durch ihren Salzreichtum. Die Formationsverhältnisse der Triasgruppe sind jedoch örtlich nicht immer die gleichen. In ausgezeichneter Massenform, als Kalk- oder Dolomitgebirge, tritt diese Bildung in den Alpen auf, wo sie eine reiche Gliederung in Bezug auf ihre Schichten aufweist und infolgedessen viele örtliche Bezeichnungen hervorgerufen hat. Besonders zu erwähnen ist der die mittlere Abteilung dieser Formation bildende Muschelkalk, der sich aus den Schalen verschiedener Weichtiere, namentlich der sogenannten Crinoiden oder Seelilien, gebildet hat.



Muschelkalk der Triasformation,
aus Gliedern von Crinoiden gebildet.

Durch dieselbe Massenbildung von Kalk und Dolomit (doppelkohlensaurem Magnesiakalk) ist in den Alpen eine zwischen Trias und Jura eingeschaltete Zwischenformation ausgezeichnet, die man als rhätische bezeichnet. Doch ist dieselbe im Großen und Ganzen von geringer Mächtigkeit, so daß sie nicht überall als Uebergangsbildung von der Trias zur nächst jüngeren Formation, dem Jura, angesehen werden kann.

Die Juraformation ist in ihren älteren Teilen aus Schichten von schwarzem und braunem Kalk, bituminösen Schiefern und fetten Thonen, im jüngsten aus solchen von weißen Korallenkalken gebildet. Sie weist einen erstaunlichen Reichtum von organischen Resten, vorherrschend Meeresgeschöpfen, auf. In manchen Gegenden lagert über den obersten Schichten der Juraformation noch eine Zwischenbildung, welche den Uebergang zur Kreide vermittelt.



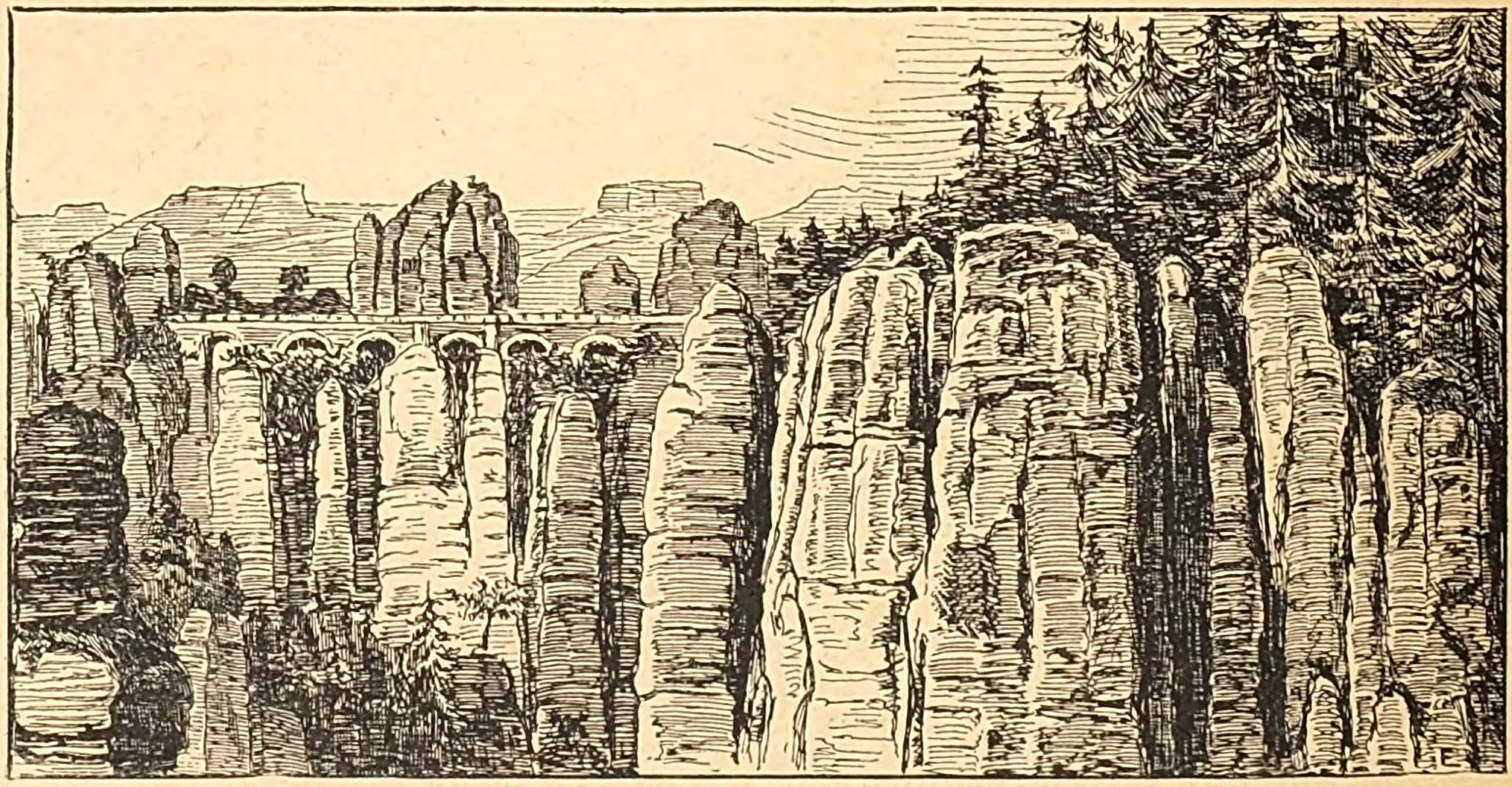
Diatomaceen.
(Mikroskopisch vergrößert.)

Die Kreideformation ist durchaus Meeresbildung und besteht aus den Ablagerungen des Kreidemeeres mit Bänken und Riffen aus ungeheuren Massen von Schalen, welche nur dieser Formation eigentümlich sind. Die oberste Bildung ist die eigentliche weiße Kreide (Schreibkreide), welche jedoch wenig verbreitet ist. In ihr sind Feuersteinknollen eingelagert. Eine überaus wichtige Rolle spielten im Kreidemeer die Stückel-

algen oder Diatomaceen, auch Bacillariaceen oder Stäbchentiere genannt. Es sind dies, wie Oswald Heer in seiner „Urwelt der Schweiz“ schreibt, mikroskopisch kleine, einzellige Pflanzen, die mit einem starken Kieselpanzer bekleidet sind. Im Leben schließen sie einen bald braunen, bald goldgelben Schleiminhalt ein, der beim Absterben oft eine grüne Farbe annimmt. Sie leben meist in großen, durch eine Gallertmasse verbundenen Gesellschaften beisammen. Die Form dieser winzig kleinen Pflänzchen und der Bau der gestreiften oder mit Leisten und Rippen besetzten Kieselschalen zeigt uns eine so wunderbare Mannigfaltigkeit, daß zur Zeit, als Heer sein Werk schrieb, über eintausend (jetzt über zweitausend) verschiedene Arten darauf gegründet werden konnten. Dieser Formenreichtum offenbart sich an einer einfachen, dem bloßen Auge unsichtbaren Zelle und erinnert uns recht lebhaft daran, daß die Natur auch die kleinsten und unscheinbarsten Gebilde aufs Wunderbarste geschmückt und in die mannigfaltigsten Formen gekleidet hat. Sie zeigt uns aber zugleich in der Art der Fortpflanzung der Stückelalgen, wie sie mit den einfachsten Mitteln die großartigsten Resultate erreicht. Die Vermehrung geschieht durch Teilung, indem die einzellige Pflanze durch Bildung einer Scheidewand in zwei sich spaltet. Binnen einer Stunde ist dieser Prozeß vollendet, und nach einer Ruhestunde ist jede der beiden entstandenen Zellen im stande, sich wieder zu teilen. Würde sich dieser Prozeß bei jeder neu entstandenen Pflanze nur während weniger Tage wiederholen, so müßten ungeheure Individuenmassen entstehen. Ehrenberg hat berechnet, daß eine einzelne Stückelalge in vier Tagen möglicherweise zu 140 Billionen sich vervielfältigen könne, wenn die Verhältnisse für alle neuentstandenen Individuen, was freilich nie der Fall sein wird, gleich günstig bleiben würden. Es ist dies eine Bestätigung der allgemeinen Erfahrung, daß, je kleiner die Pflanzen und Tiere, desto größer in der Regel ihre Vermehrungsfähigkeit ist, und so durch die Individuenmasse ersetzt wird, was dem Einzelnen an Stoffmasse abgeht. Der Kieselpanzer dieser kleinen Pflanze leidet weder durch Hitze noch durch Fäulnis, er ist unzerstörbar und bleibt durch alle Jahrtausende und Hundertjahrtausende unverändert. So kommt es, daß das Kieselkleid dieser Pygmäen des Pflanzenreichs aus den frühesten Zeiten der Erde sich erhalten hat. Man kennt solche Diatomaceen aus dem Uebergangs- und dem Kohlengebilde, doch aus keiner Zeit in solcher Menge, wie aus der Kreide. Ehrenberg hat nachgewiesen, daß die Feuersteine der Kreide, wie ferner der Polierschiefer, teilweise aus den Kieselschalen der Diatomaceen bestehen. Auf einen Kubikzoll Polierschiefer von Bilin kommen ungefähr 41 000 Millionen, auf den Kubikfuß etwa 70 Billionen von Kieselschalen. Würde diesen Pflanzen die oben angenommene Vermehrungsfähigkeit zukommen, so würde aus einem Individuum binnen vier Tagen die doppelte Zahl hervorgehen und so zwei Kubikfuß solchen Steines gebildet werden. So wird es begreiflich, wie es kommt, daß diese Pflanzenzwerge nach und nach Sandbänke bilden, Flüsse und Kanäle versanden, Buchten und Häfen mit Schlammmassen ausfüllen. Der Schlamm der Häfen von Wismar und Pillau an der Ostsee besteht nach Ehrenbergs Untersuchungen aus einem Viertel bis zur Hälfte seines Volumens aus den Resten organischer Wesen, und zwar namentlich aus den Kieselschalen der Stückelalgen. Der Nilschlamm ist dermaßen von solchen durchdrungen, daß die Ackererde längs des Nilufers in jedem Teilchen von der Größe eines Stecknadelkopfes ein paar Kieselpanzer enthält. Es können daher diese so kleinen Wesen in verhältnismäßig kurzer Zeit Felsen erzeugen, und nehmen somit einen wesentlichen Anteil am Aufbau unserer Erdrinde. Ganz dieselbe Bedeutung haben aber auch kleine Tierchen, welche zur Klasse der Wurzelfüßer (Rhizopoden) gehören. Die einen (die Radiolarien oder Strahlentierchen) erhalten auch ein kieseliges Kleid oder doch Gerüste, die anderen (die Polythalamien*) oder Foraminiferen) dagegen meist eine Schale von Kalk. Die ersteren leben in ungeheurer Menge näher an der Oberfläche des Wassers und bilden gallertartige Massen, welche unter dem Mikroskop eine staunenswerte Fülle von Formen und eine bewunderungswerte Zierlichkeit der Kieselgebilde aufweisen. Sie sind in zahlreichen Arten auch fossil beobachtet worden

*) Polythalamien (griech. s. v. w. Vielkammertiere) oder Kammerlinge.

und nehmen stellenweise teil an der Bildung der Felsen. Die Polythalamien unterscheiden sich durch ihre Kalkschale sowohl von den Stückelalgen als den Radiolarien, ebenso aber auch durch den eigentümlichen Bau dieser Schale. Sie sehen häufig wie Liliput-Ammoniten aus, umsomehr, da die öfter schneckenförmig gewundene Schale auch in Kammern abgeteilt ist. Allein diese Schale ist von zahlreichen, unendlich kleinen Poren siebartig durchbohrt (daher der Name der Foraminiferen, Löchermacher), und das Tierchen selbst hat einen äußerst einfachen Bau. Es hat einen weichen, schleimartigen Leib, welcher durch die Poren gallertartige Faden nach außen sendet. Da alle Tierchen dieser Klasse vermittelst solcher finger- oder wurzelartiger Fortsätze, die sie aus ihrem Körper hervortreiben, sich fortbewegen, haben sie den Namen der Wurzelfüßer (Rhizopoden) erhalten. Manche bewohnen die süßen Gewässer, alle vielkammerigen aber gehören dem Meere an. Sie leben am Seegrunde, auf den Pflanzen, den Felsen oder dem Schlamme umherkriechend, und gehen bis zu großen Tiefen hinab. Wohl kommen sie auch an den Küsten und im Seichtwasser



Die „Bastei" in der Sächsischen Schweiz,
als Beispiel säulenförmiger Absonderung des Quadersandsteines.

vor, aber viele Arten erscheinen noch in der Abgrundzone, und in größter Tiefe bleiben die Rhizopoden allein zurück, wo sie an der Bildung des hellfarbigen Schlammes, der den Boden des Meeres überzieht, sehr wesentlich sich beteiligen. Wo wir in einer Felsmasse ausschließlich nur Polythalamien antreffen, sind wir daher zur Annahme berechtigt, daß sie sich im Tiefmeere gebildet habe.

Die Polythalamien, wie überhaupt die Wurzelfüßer, müssen eine ähnliche Produktionskraft besitzen, wie die Stückelalgen, da sie ebenfalls in unermeßlichen Heerscharen auftreten und sich an der Bildung des Schlammes der Meere und der Erzeugung der Felsen in ähnlicher Weise beteiligen wie die Diatomaceen. Wie diese letzteren die Kieselerde, so fällen jene den Kalk, und ganze Kalkberge sind aus ihren Schalen zusammengesetzt. Jedes Kalkstück der Pyramiden von Gizeh und der Katakomben von Theben in Aegypten ist aus Milliarden von zierlichen kleinen Schalen zusammengesetzt; der Grobkalk, aus welchem Paris auferbaut wurde, ist großenteils das Erzeugnis solcher unendlich kleiner Tierchen (der Miliola); die weißen Kreidefelsen, welche uns an der Küste von England zuerst entgegentreten, sind von ungezählten Billionen von Polythalamienschalen zusammengesetzt, und auch die Schreibkreide verwandelt sich unter dem Mikroskop zum Teil in kleine Tierschalen.

Eine sehr wichtige Gattung der Foraminiferen werden wir weiter unten in den Nummuliten kennen lernen.

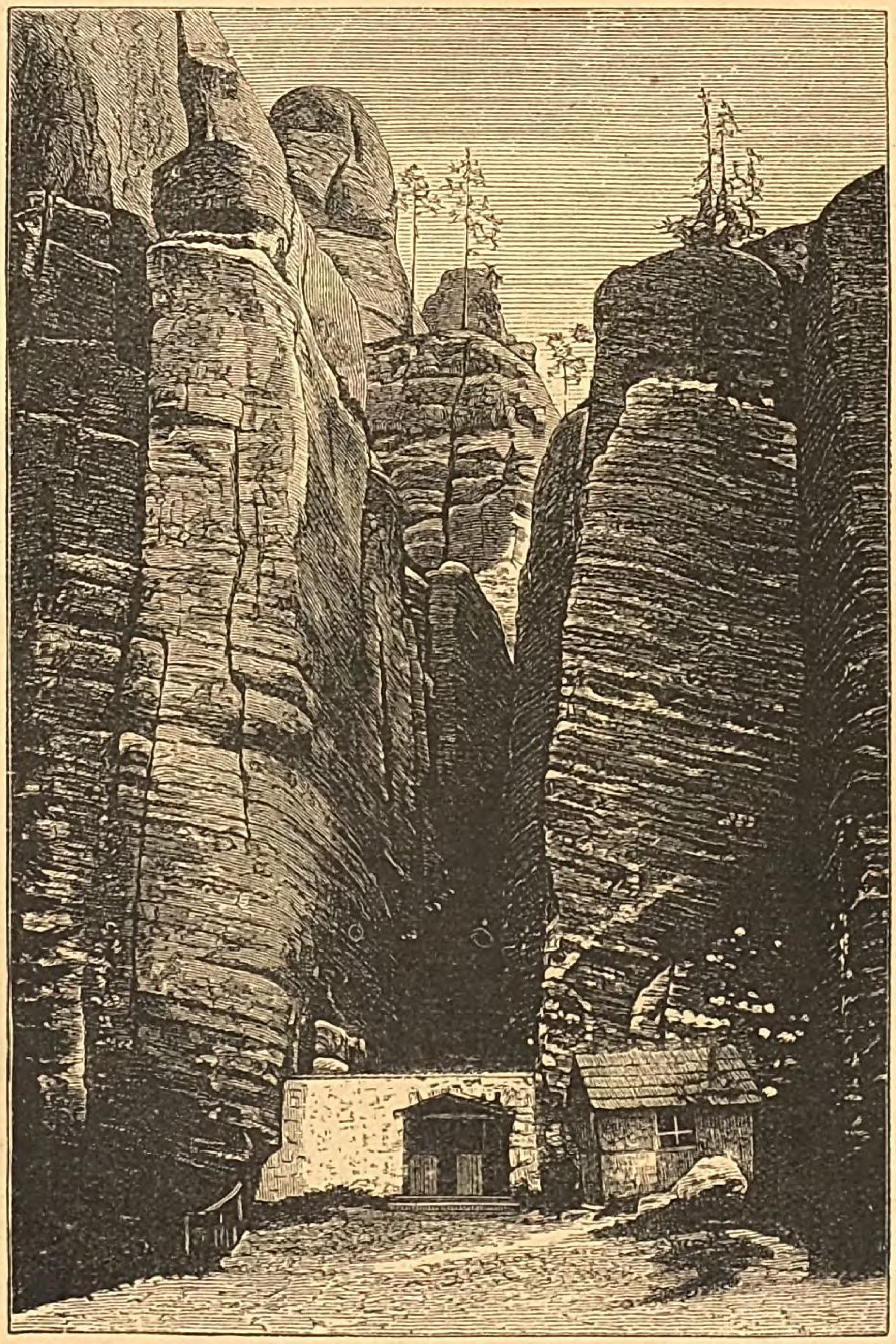
Wo die Schichtenablagerung der Kreidezeit aus Kalk und Kalkmergel mit Sandsteinen und Thonen besteht, bildet sie die mitunter mächtigen und ausgedehnten Lager des Quadersandsteines. Dieser gehört den oberen (jüngeren) Schichten der Kreideformation an und ist ein weitläufig geschichteter, durch senkrechte Querklüftung ausgezeichneter, gelblich weißer Quarzsandstein, der in seiner reichsten und schönsten Entwickelung durch den Elbsandstein der sächsischen und böhmischen Schweiz repräsentiert wird. Infolge der senkrechten Klüftung kommt es vielfach zur Säulenbildung, wie unsere Abbildung auf S. 394 eine solche von großartiger Ausgestaltung in der sogenannten „Bastei" zeigt. Bölsche schreibt über das Elbsandsteingebirge: „Wer es einmal gesehen hat, dem ist seine einzigartige Physiognomie unvergeßlich. Der Strom sägt sich eigentlich nicht in ein Gebirge, d. h. eine Bergkette, ein, sondern in ein kompaktes Plateau aus riesigen, nahezu horizontal aufeinander gelagerten



Die Herkulessäulen bei Schweizermühl
in der Sächsischen Schweiz,
als Beispiel der Säulenbildung im Quadersandstein.

Sandsteinquadern. Zum Gebirge ist dieses Plateau erst dadurch gemacht, daß es als Ganzes eben emporgetrieben ist. Echte Berge scheinen sich, wenn man von Dresden (also der Ebene am Nordfuße) hinüberblickt, oder wenn man auf ihm selber einen freien Beobachterposten wählt, erst von seiner Fläche aus in Gestalt dicker, kahler Felsklötze von fast viereckiger, würfelartiger Gestalt zu erheben: der Königstein, Lilienstein und wie sie alle heißen mögen. Aufmerksamere Beobachtung lehrt aber, daß auch hier wenigstens in gewissem Sinne eine Täuschung im Spiel ist. Auch diese phantastischen Steinwürfel über dem Plateau sind keineswegs echte, emporgepreßte Gebirgsfalten, sondern lediglich stehengebliebene Ruinen einer früheren noch weit höheren Ausdehnung des Plateaus selbst. Das Quadermassiv, wie es die Kreideformation überliefert hat, reichte einstmals bis zur oberen Fläche all dieser Klötze, und erst, wenn man den Zwischenraum von Klotz zu Klotz mit voller Masse allseitig wieder ausfüllte, müßte seine ursprünglich imposante Höhenentfaltung voll wieder zu Tage treten. Heute ist seine Fläche tief weggefressen bis auf die paar Ruinen,

und selbst in die erhaltene Fläche schneidet noch als Spalt wieder die Elbe ein. So leicht der Elbsandstein sich bearbeiten und in gefällige Form bringen läßt, so leicht läßt er auch vom Regen sich auslaugen und, nach Verlust der Bindemittel, in ein Gerinnsel loser Quarzkörner auseinander treiben. So sind allerorten, wo er frei ansteht, jene tollen, schier unglaublichen Verwitterungsformen entstanden, die den Touristen ergötzen und denen gegenüber der Volksmund sich seit alters her in zahllosen Scherznamen erschöpft hat: Tief eingesägte Bachthäler, an deren zerfallender Wand die Pfeilreste des Gesteins bald wie Orgelpfeifen sich drängen, bald wie riesige Nasen und Profile vorspringen, gekrönt mit uralten, zäh verklammerten Fichten, deren tiefgrüne Wipfel den schmalen Streifen Himmelsblau oben einengen, um ganz oben nochmals überragt zu werden von einzelnen Hörnern und frei balancierenden Zuckerhüten des gelbbraunen Gesteins, die hoch vor dem Blau eine schwindelnde Kette grotesker Verzierungen hart auf der Kante des Spalts bilden. Oder jene kolossalen natürlichen Säulen, Felsthore und Cyklopenmauern, wie sie dem Prebischthor und Prebischkegel den Namen gegeben, jene Labyrinthe von 8 km Länge wie das von Adersbach, in dem Pfeiler an Pfeiler, Turm an Turm in Höhen bis zu 65 m sich drängt, in dem die Erosion, indem sie in der Tiefe rascher vorschritt als oben, unten kühle, schattige katakombenartige Irrgänge geschaffen hat, während in der Höhe kolossale, oben erbreiterte Felskeulen von 16 und mehr Meter Länge sich auf verschwindend winzigen Fußgestellen wiegend, jeden Augenblick Tod und Verderben drohend, und doch in dieser bänglichen Lage schon bekannt, so weit die Volkstradition reicht, oder jene ganz geheimnisvollen, nur dem Boot zugänglichen Klammen, in denen der Ruderer jäh in ein Meer vollkommenen Grüns eintaucht, da die eng an die unten von der Welle benetzte Wand angeklebten Fichten sich oben wie unten völlig grün zusammenschließen, oben mit ihren wirklichen Wipfeln, unten als haarscharf wiedergegebenes Spiegelbild. Die eigentümliche Entwickelung des Elbethales, das sich, im höchsten Teile des Riesengebirges seinen Ursprung nehmend, erst südwärts tief ins flache Land hinabsenkt, um sich dann in zweimal scharf geknicktem Bogen wieder dem Norden zuzuwenden und sich durch das Elbsandsteingebirge gewaltsam Ausgang zu verschaffen, hat zur Aufstellung einer Hypothese Anlaß gegeben, aus der allein eine wahr=



Sandsteinfelsen bei Adersbach.

scheinliche Erklärung dieser merkwürdigen Thalbildung, so wie anderer, ähnlicher, hergeleitet werden kann. Diese Hypothese beruht auf der Annahme, daß der Fluß schon früher vorhanden gewesen sei, als das Gebirge.

Die Formationen der Tertiärzeit zeigen nach Ferdinand von Hochstetter einen mehrfachen Wechsel von Süßwasser- und Meeresbildungen, was auf bedeutende Bodenschwankungen und Niveauveränderungen während dieser Formationsperiode hindeutet. In der That fällt in dieselbe auch die letzte Hebung der Kettengebirge, und ebenso war die Tertiärzeit eine Zeit großartigster vulkanischer Thätigkeit, die sich in dem Hervorbrechen der sich zu ganzen Gebirgen auftürmenden Trachyte und Basalte äußerte. Die tertiären Bildungen bestehen teils aus Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefer, teils aus Tegel (plastischem Thon) und Sand. Die marinen Ablagerungen sind reich an Gips, Schwefel, Salz, die Süßwasserschichten enthalten Braunkohlen, deren Vorkommen den tertiären Formationen geradezu den Namen „Braunkohlengebirge" verschafft hat. Die jüngeren Schichten bestehen meist aus wechselnden Sand- und Mergelschichten und Süßwasserkalk und haben eine weite Verbreitung. Mitunter, wie in den Alpen, bauen sich aus eocänen Schichten noch ganze Gebirge auf, Bildungen aus Nummulitenkalk.

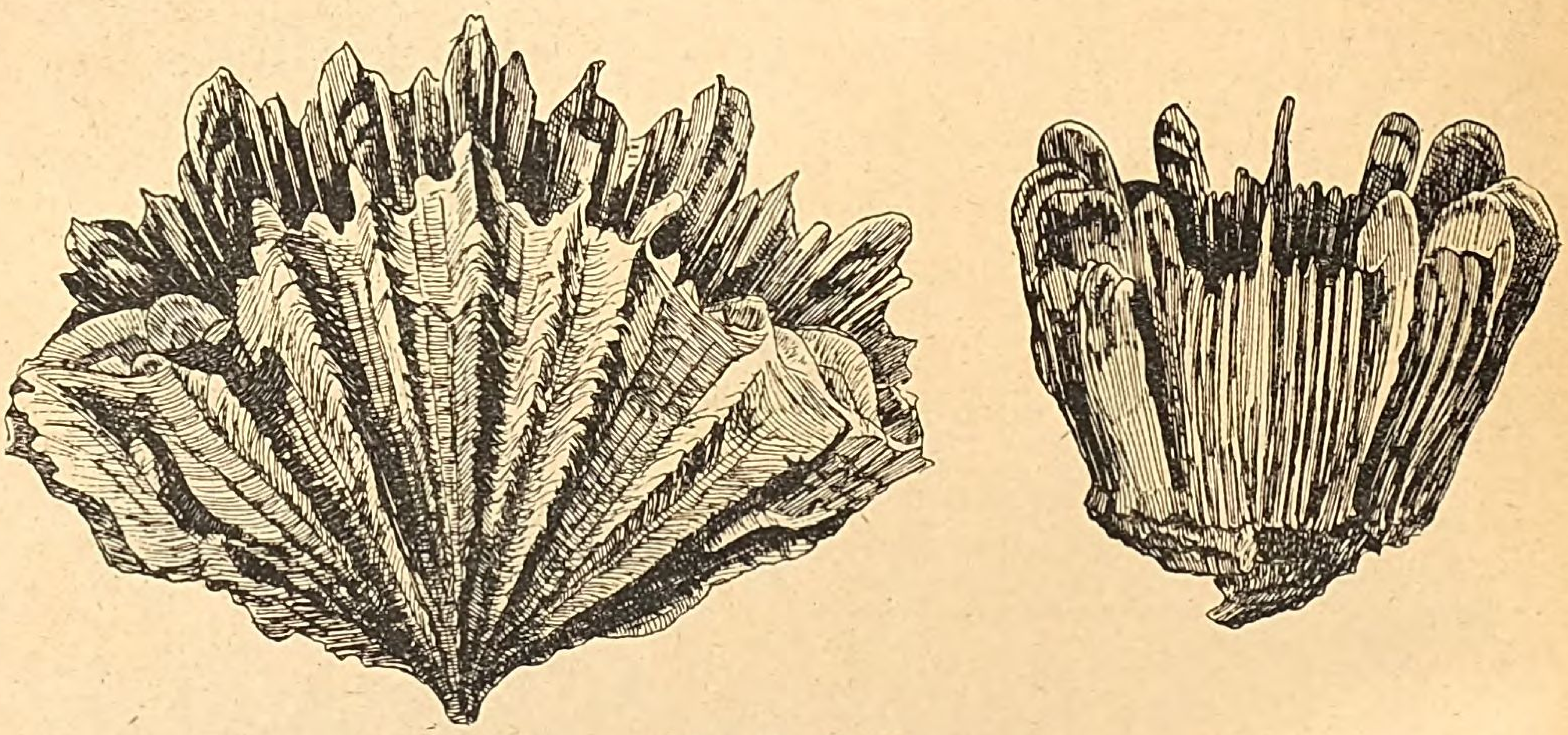

Nummulitenkalk.
Aus Neumayrs „Erdgeschichte".

Die Nummuliten (vom lateinischen „nummus", Geldmünze hergeleitet) beschreibt Oswald Heer in seiner „Urwelt der Schweiz" in folgender Weise:

„Wenn wir zwei Uhrgläser so aufeinander legen, daß ihre Wölbung nach außen liegt, erhalten wir eine Vorstellung von der linsenförmigen Gestalt der Schale, welche sich indessen zuweilen auch der fast kugelförmigen oder andererseits der platten- und scheibenförmigen nähert. Die Oberfläche derselben ist häufig von feinen, strahlenförmig von der Mitte nach der Peripherie laufenden Linien durchzogen und sehr gekörnt. Inwendig erblicken wir eine Menge spiraler Windungen mit zahlreichen ineinander geschachtelten Umläufen, welche durch Querwände in Kammern abgeteilt sind. Bei den Formen, die man als regelmäßige oder „reitende" Nummuliten bezeichnet hat, reichen die Höhlen der Kammer vom Rücken der Umläufe auf beiden Seiten bis gegen den Nabel oder die Achse der Schale; es greifen also die der je folgenden Umläufe zu beiden Seiten über die darunter liegenden weg. Schachteln wir eine ganze Zahl in der oben erwähnten Weise zusammengestellter Uhrgläser in einander und nehmen für sie eine solche Form an, daß sie alle eine Spirale darstellen, so bekommen wir ein Bild von der Art und Weise, wie hier die Schale gebildet ist. Bei einer zweiten Gruppe (den unregelmäßigen oder halbreitenden) reichen dagegen die Kammern nur halbwegs so weit, und bei einer dritten sind sie nur auf dem Rücken des verlängerten Umganges. Jede Scheidewand, welche je zwei Kammern trennt, besteht aus zwei sehr dünnen Platten, und zwischen denselben ist ein sehr schmaler, dem bloßen Auge unsichtbarer Zwischenraum (Interseptalraum). Diese Wände sowohl als die äußere Schale sind von zahlreichen äußerst feinen Poren durchbohrt, durch welche das in der Schale eingeschlossene Tier wahrscheinlich seine dünnen Füßchen hervorstreckte, so daß dasselbe durch die Interseptalräume mit der Außenwelt in Verbindung stand. Die Kammern bildenden Scheidewände sind von kleinen Lücken durchbrochen und bilden so eine die Kammern verbindende Oeffnung, eine „Sipho",

welcher an der Basis des Spiralkanales verläuft. Ueber das Tier selbst hat man freilich nur Vermutungen, da man keine lebenden Nummuliten kennt. Während die Einen annehmen, daß jede Kammer ihr besonderes Tierchen gehabt, und so der Nummulit eine ganze Familie von kleinen Wesen darstellt, behaupten die Anderen, daß nur ein Tier die ganze Schale bewohnt habe. In diesem Falle hätte dieses aus zahlreichen Gliedern bestanden, von denen jedes eine Kammer einnahm und durch den Sipho, welcher den Nahrungskanal enthalten, mit dem benachbarten in Verbindung stand."

Die Nummulitenformation erstreckt sich über die an beiden Seiten des Mittelmeeres gelegenen Länderstrecken und deren Fortsetzung bis nach Centralasien hinein. Das jüngste Weltalter, die Quartärzeit, ist, wie bereits erwähnt, durch die einschneidende Veränderung der klimatischen Verhältnisse auf der Erdoberfläche besonders beachtenswert. Die hervorragendste Erscheinung dieses Zeitalters war die massenhafte Vergletscherung, auf deren Wesen wir im letzten Abschnitte dieses Buches des Näheren zurückkommen werden. Die großen Gebirgsformationen, die in der vorhergegangenen Tertiärzeit entstanden sind, haben jedenfalls erheblich dazu beigetragen, daß die Gletscherbildung einen so großen Um-

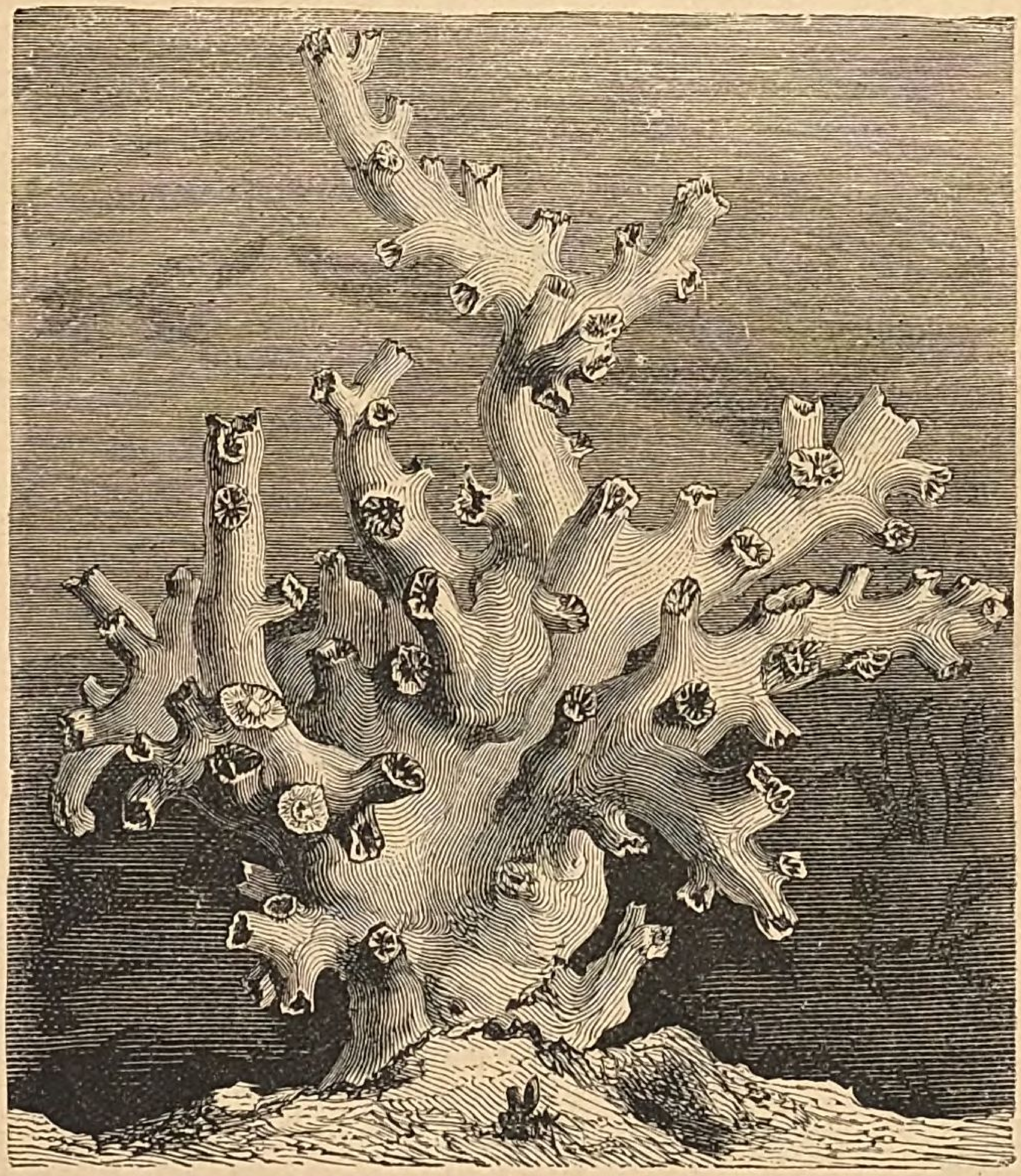


Einzelkorallen.
Aus Neumayrs „Erdgeschichte".

fang erreichen konnte. Die ungeheuren Abtragungen, die unter hervorragender Mitwirkung der Gletscher während der Eiszeit sich vollzogen haben, haben ihre Spuren bis in die Gegenwart zurückgelassen und waren in vieler Beziehung bestimmend für die Form der Gebirgsbildung, die sich in jener Zeit vollzogen hat. Mit der Eiszeit fällt auch das erste nachweisbare Auftreten des Menschen in unserem Erdteile zusammen.

In der Quartärzeit spielen Ablagerungen auf dem Meeresgrunde nur eine unbedeutende Rolle. Die Unterabteilungen dieser Formationsgruppe, Diluvium (Ueberschwemmung) und Alluvium (Aufschwemmung) sind aus den Ablagerungen der fließenden Gewässer entstanden und der Unterschied zwischen beiden besteht nur darin, daß das Diluvium die älteren, über eine längere Zeit sich ausdehnenden Ablagerungen, das Alluvium die jüngeren, während eines kürzeren Zeitraumes entstandenen Ablagerungen in sich schließt. Alle mächtigeren Ablagerungen von Konglomeratmassen in den Ebenen und Thälern, und die als Löß bezeichneten, bereits in einem früheren Kapitel eingehender besprochenen Lehmmassen können der Diluvialzeit, die minder mächtigen Schutt-, Sand-, Lehm- und Thonschlamm-Ablagerungen der Alluvialzeit zugeteilt werden. Selbstverständlich ist die letztere nicht als eine abgeschlossene, sondern als eine noch in vollem Gange begriffene Entwickelungsperiode der Erdoberfläche zu betrachten.

In nicht geringem Maße haben an der Bildung der Erdoberfläche die Korallentiere mitgewirkt. Diese Tiere gehören zu dem großen Kreise der Coelenteraten (Hohltiere), bei denen die einzelnen Körperteile meistens strahlig um eine Mittelachse verteilt, und die Verdauungsorgane so angeordnet sind, daß von dem hierzu bestimmten Centralorgan, der Magenhöhle, unmittelbar Kanäle ausgehen, die sich im ganzen Körper verteilen und den Nahrungssaft nach allen Seiten hinführen. Ein Teil dieser Tiere ist mit Nesselorganen versehen, die eine Art Schußwaffen darstellen, vermittelst deren das Tier ein Gift hervorschleudern kann, das eine der Brennessel ähnliche Wirkung hat. Zu den mit solchen Nesselorganen ausgerüsteten Hohltieren gehören auch die Korallenpolypen*), deren hohle Fangarme (sechs oder acht an der Zahl**) mit denselben versehen sind, so daß sie sich dieser Organe sowohl zur Verteidigung gegen Angreifer als auch zur Betäubung der zur Beute auserlesenen Tiere bedienen können. Die meisten Korallen sind zu Stöcken vereinigt, die ein zusammenhängendes Kalkgerüst besitzen; doch giebt es auch viele Arten — und in kalten Gegenden sowie in der Tiefsee finden sich bloß solche —, die nur aus Einzelwesen bestehen oder kleine, aus wenigen Zellen zusammengesetzte Kolonien bilden.



Dendrophyllen-Stamm.

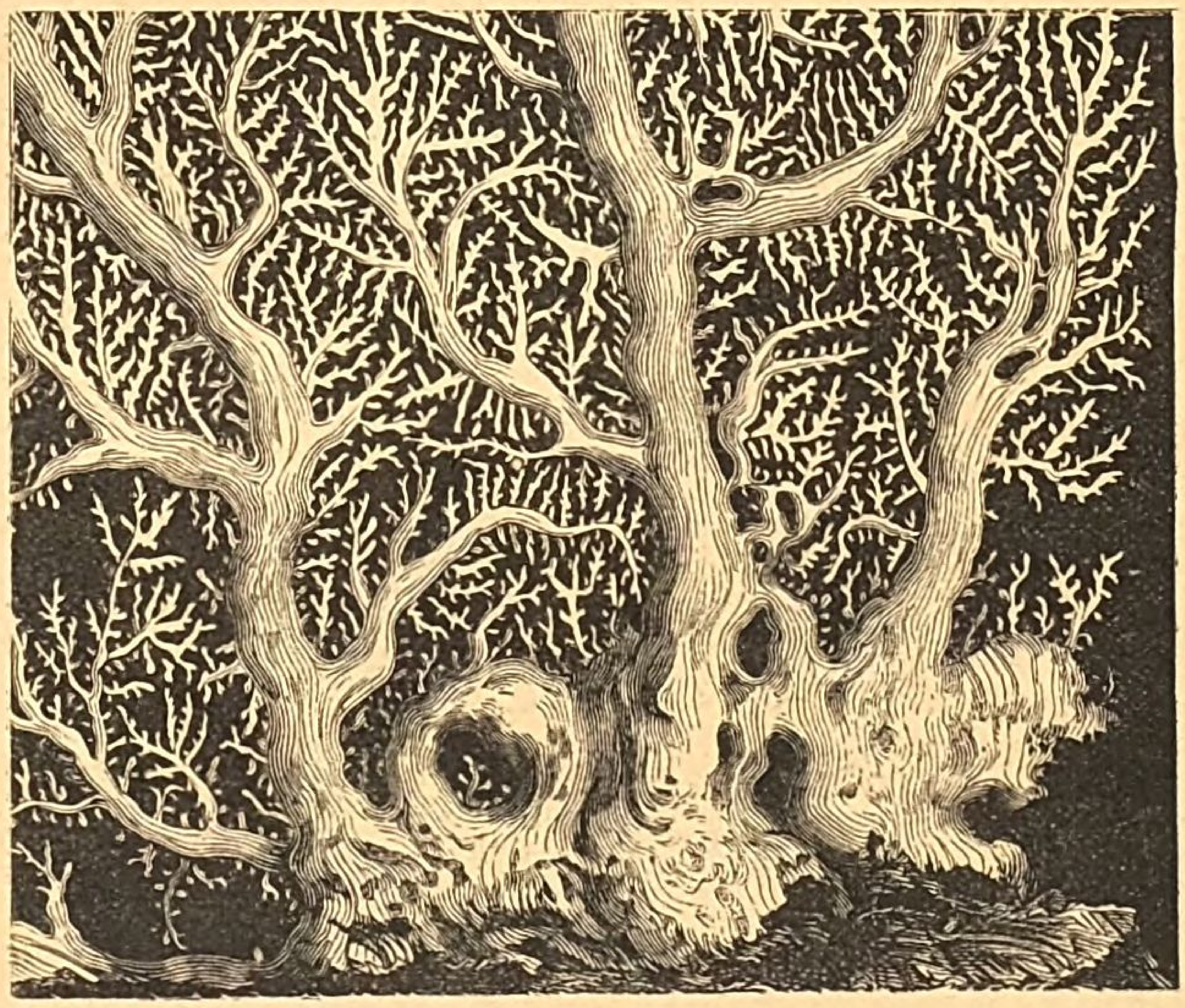
In der Gegenwart kommen die Korallen, die ausschließlich Meertiere sind, hauptsächlich in den Gewässern der warmen und heißen Zone vor, wo ihre Stöcke zu wahren Gebirgen sich auftürmen. Die einen solchen Stock bildenden Einzelindividuen stehen durch ein System von Ernährungskanälen mit einander in Verbindung und werden meist von einem gemeinschaftlichen Gerüst getragen, das entweder die Achse des Stockes bildet oder aus der stark verkalkten Leibeswand der Polypen selbst gebildet wird. Dieses Kalkgerüst nimmt die verschiedensten Gestalten an; bald gleicht es einem Eichstamme mit abgeschnittenen Aesten, wie der obenstehend abgebildete Dendrophyllen-Stock, bald verästelt es sich in zahllosen Ausläufern von zartester Form, indem jedes Einzelwesen einen neuen Zweig bildet. Um an derlei Gebilden, deren eines unsere Abbildung auf S. 400 zeigt, die einzelnen Polypen zu erkennen, muß man die Lupe zu Hilfe nehmen. Die sechsstrahlige Ordnung der Korallentiere trennt sich in die beiden Gruppen der Steinkorallen oder Madre-

*) Polypus, griech. s. v. w. Vielfuß, nannte Aristoteles die Tintenfische, die aber heute Kephalopoden (Kopffüßer) genannt werden, wogegen die Bezeichnung Polypen jetzt auf eine ganz andere Gruppe niedrigster Tiere angewendet wird, zu der auch die Korallentiere oder Anthozoen (griech. s. v. w. Blumentiere) gehören.

**) Im paläozoischen Zeitalter kamen auch vierstrahlige Arten vor, die aber ausgestorben sind.

poren, deren hartes Kalkskelett nicht bloß die Oberfläche des Körpers umschließt, sondern auch den inneren Bau des Tieres mittels senkrechter Scheidewände genau gliedert. Die in der Regel weißen Stöcke der Steinkorallen vereinigen sich zu ausgedehnten Bänken und Riffen; der auf S. 401 abgebildete kaktusähnliche Madreporenzweig veranschaulicht eine der Formen, in denen diese Tiere vorkommen; doch giebt es deren noch viele andere, die je nach ihrer Aehnlichkeit mit anderen Tieren, Pflanzen oder Gegenständen benannt sind. Man unterscheidet hiernach *Nelken*-, *Geweih*-, *Busch*-, *Gehirn*-, *Igel*- und *Pilzkorallen* und noch zahlreiche andere Steinkorallenarten.

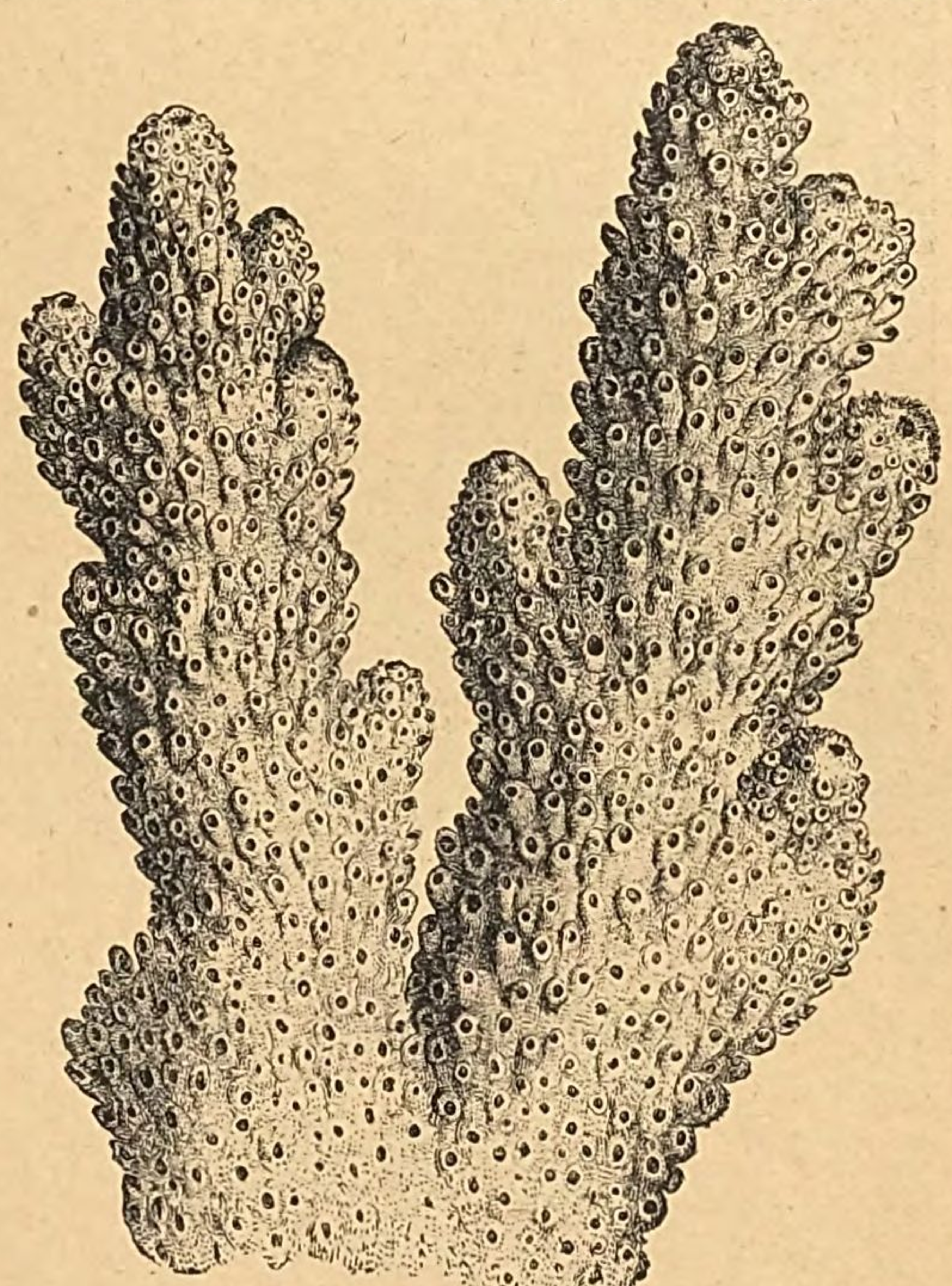
Die zweite Gruppe der sechsstrahligen Korallentiere umfaßt die sogenannten *Fleischkorallen* oder *Aktinien*, die man in ihren mannigfachen Formen in den Seeaquarien bewundern kann. Sie entbehren des Kalkskelettes und der kalkigen Zwischenwände und leben daher meist als Einzelwesen von mitunter ansehnlicher Größe auf dem Meeresboden, an welchem sie sich mittels einer zusammenziehbaren Sohle festheften. Für die Entwickelungsgeschichte der Erdoberfläche sind sie ohne Bedeutung. Dagegen bilden die *achtstrahligen Korallentiere* in der Regel Stöcke, die aber einen weit geringeren Umfang erreichen als diejenigen der Madreporen. Zu dieser Ordnung gehört unter anderen auch die *Edelkoralle*, aus deren Skelett die in aller Welt bekannten und geschätzten Schmuckgegenstände angefertigt werden.



Oculina flabelliforma.

„Die Korallen", so schreibt Ehrenberg in seinem Werke über „Die Korallentiere des roten Meeres", „von denen die bekannte, als Schmuck dienende edle Koralle nur eine Form und der unbedeutendste Teil ist, sind nicht bloß für Naturbeschreibung und Naturgeschichte im engeren Sinne merkwürdig, sie gehören zu den zahlreichsten, auffallendsten, unbekanntesten und am einflußreichsten erscheinenden Formen des organischen Lebens. Mit Schaltieren zusammengeschichtet, bilden sie durch die erzeugten Kalkmassen bald hohe Gebirge, bald den Boden weit ausgedehnter Landstrecken und ihre fossilen Ueberreste dienen dem aufmerksamen Geognosten als Anzeichen für Veränderungen und Bildungsepochen der verschiedenen Teile der Erdrinde. Aber nur in ihrer Auflösung, tot und fragmentisch, sind diese Spuren der Korallentiere bewundert und zu wichtigen Resultaten benutzt. Weit angenehmer überraschend ist die Erscheinung ihrer Formen dem Reisenden, welcher die Küsten des Südmeeres berührt und dieselben in ihren Wohnsitzen lebendig und ebenfalls in einer über alles herrschenden Verbreitung erblickt. Dort wetteifern die blumenförmigen Tiere der pflanzenartigen Korallenstöcke mit den prächtigsten Farben unserer schönsten Blumen, und hinderte nicht der Lichtreflex des Wassers die Uebersicht einer größeren Fläche unterhalb des Meeresspiegels, so würde die Masse des Schönfarbigen, Lebendigen, blumenartig Geformten, welches den flachen Meeresboden bekleidet, ganz das Bild geben, das uns an unseren Wiesen und Fluren zu ihrer Blütezeit erfreut, ja, es würde den, welcher die asiatischen Kirgisensteppen sah, an die Tulpenflora erinnern, die in unabsehbarer Weite sich erstrecken, unter den günstigsten Umständen ein zaubervolles und feenhaftes Gegenstück unserer lieblichen

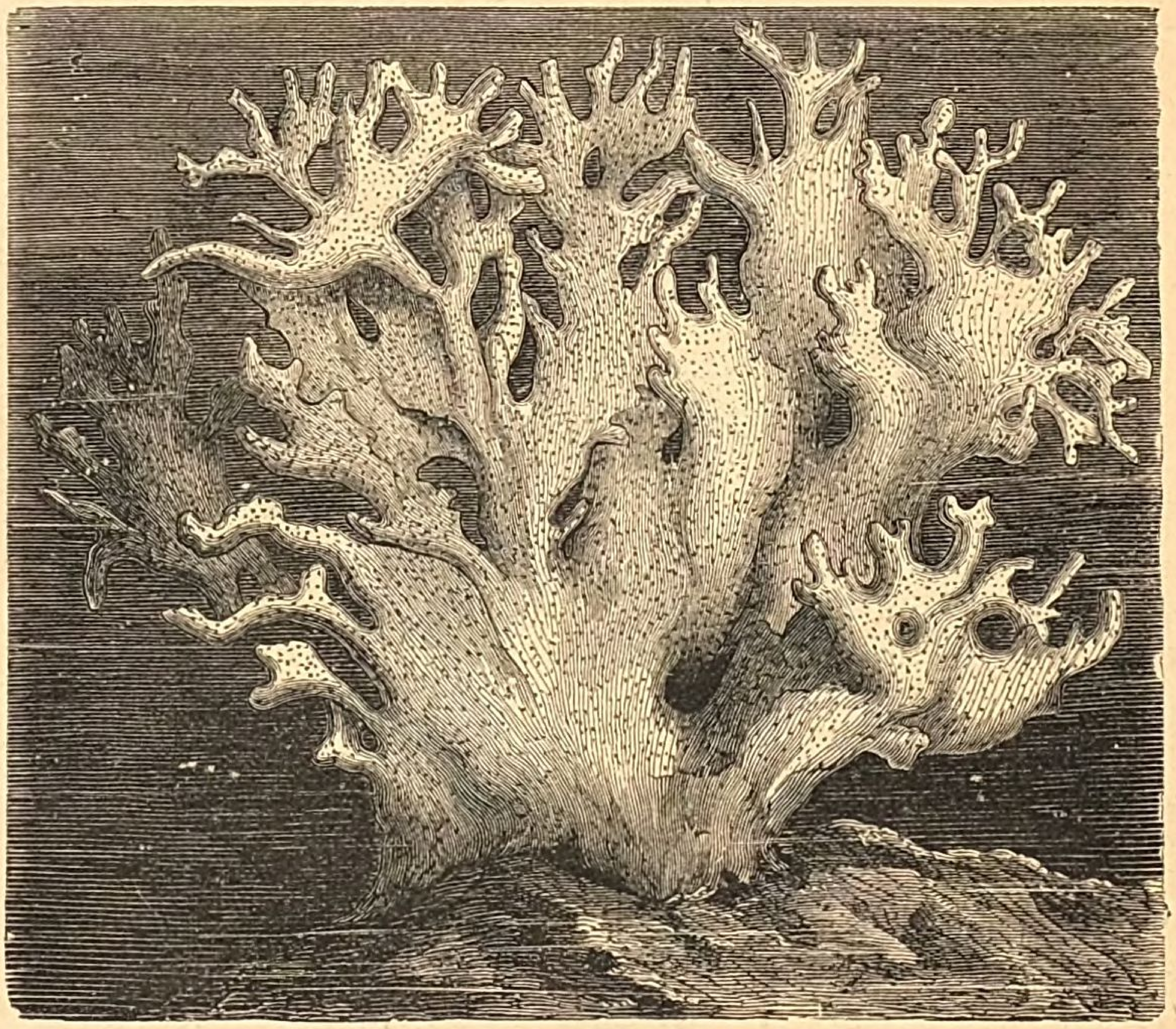
kleinen Gärten bilden. Da nun aber gleich eine solche Uebersicht über die Wiesen der Tierpflanzen, welche man gewöhnlich Korallenbänke nennt, nicht in dem Grade zu erlangen ist, wie wir sie an den Gärten und Wiesen der Luftpflanzen bis in die weite Ferne hin erreichen, so werden doch auch solche Reisende, welche nicht gerade als Naturforscher speziell sich an dem Baue und den Gesetzen der Formen der organischen Wesen und deren belehrender Zusammenstellung und Vergleichung erfreuen, durch den Reichtum des Formenwechsels und durch die bald metallisch glänzenden, bald zarten und lieblichen Farben dieser lebendigen Blumen überrascht und begeistert, wie die Bilder des Kaleidoskops gehen vor dem Auge des am seichten Meeresufer hingehenden oder auf seinem Schiffe über das Korallenriff bei eintretender Windstille langsam hingleitenden Bewohners des Festlandes diese Bevölkerungen ihm ganz neuer Fluren vorüber. Er sieht Sträucher und Bäumchen auf und um scheinbar abgerundete Felsblöcke versammelt, welche, selbst in blendende metallische Farben gehüllt, einen anderen Charakter als den der Felsmasse verraten.



Madreporenzweig
(Steinkoralle).

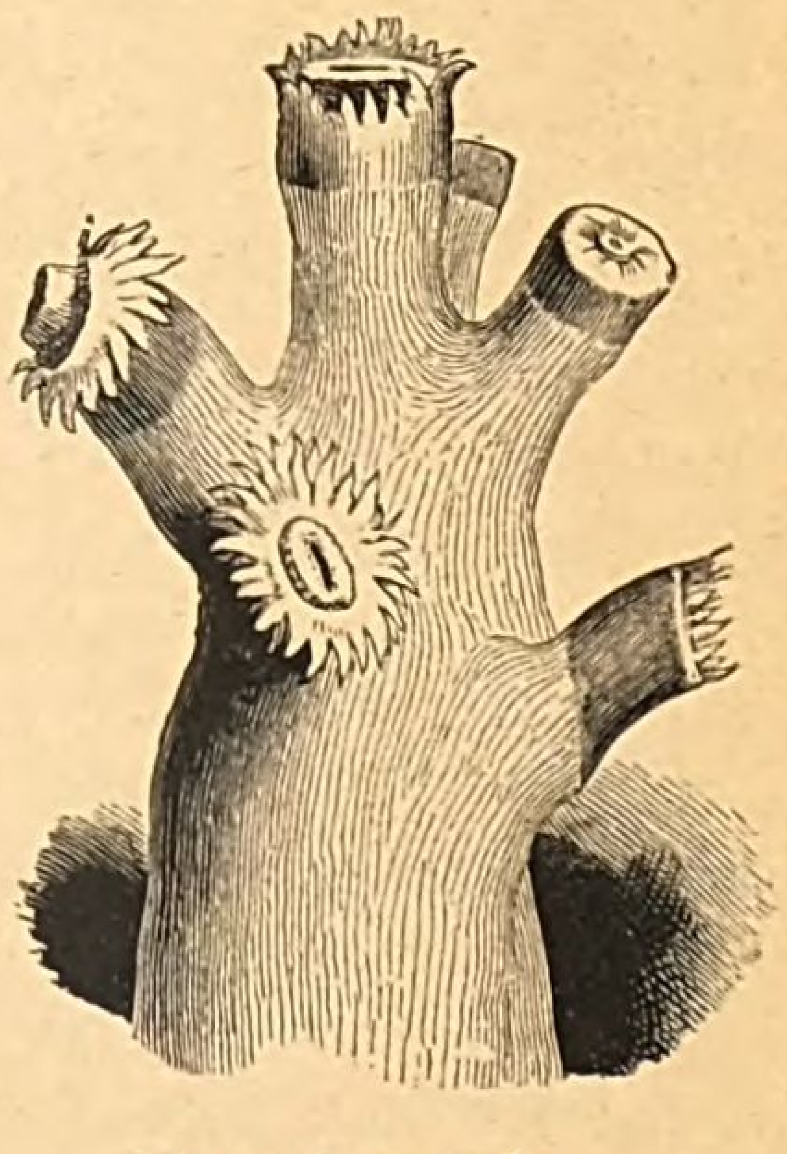
Glücklich und genußreicher als der Wanderer an der Küste, wo die ungleiche Meereshöhe nur krüppelhafte Produkte dieser Art kümmerlich gedeihen läßt, erkennt der auf nicht allzu großem Fahrzeug Schiffende während der Windstille diese Bürger eines neuen, ihm unbekannten Reiches auf dem üppigen Korallenbecken des tieferen Meeres. Tausendfach angeregt und brennend vor Wißbegierde steigt er endlich in die Schaluppe und bemüht sich, an einer seichten Stelle sich einiger der schönsten Formen zu bemächtigen, um sie näher zu betrachten. Das ihm behilfliche Schiffsvolk oder er selbst steigt auch in das Wasser, aber mit ihrem Auftreten auf den Korallenboden verschwindet allmählich um sie her die Farbenpracht, welche diesen Boden soeben schmückte. Der strauchartige, blendend rosenrote Gegenstand, welcher die Aufmerksamkeit und Phantasie des Reisenden soeben aufs lebhafteste erregte, wird als brauner unscheinbarer Körper in die Höhe gebracht, und es findet sich, daß das kurz vorher für das Auge so liebliche, weiche, bunte Gebilde ein harter, rauher, mit braunem, dünnem Schleime überzogener Kalktuff ist. Man glaubt sich geirrt zu haben und wiederholt die Bemühungen und Versuche mit gleichem Erfolge, bis man sich überzeugt, daß hier eine Verwandlung stattfindet, die der Reisende je nach seiner Geistesbildung für Wunder und Zauberei oder für eine merkwürdige, eines mühevollen und sorgfältigen Nachforschens werte Naturerscheinung hält. Die Oberfläche eines lebenden Korallenriffes ist mit Tausenden von lieblichen Blumensternen, den Korallenpolypen bedeckt. Auf den verzweigten Bäumen und Sträuchern sitzt Blüte an Blüte; die großen bunten Blumenkelche zu deren Füßen sind ebenfalls Korallen. Ja sogar das bunte Moos, das die Zwischenräume zwischen den größeren Stöcken ausfüllt, zeigt sich bei genauer Betrachtung aus Millionen winziger Korallentierchen gebildet. Und alle diese Blütenpracht übergießt die leuchtende, tropische Sonne in dem krystallhellen Wasser mit einem unsagbaren Glanz! In diesen wunderbaren Korallenparken wimmelt außerdem ein vielgestaltiges Tierleben der mannigfaltigsten Art.

Metallfarbige Fische von den sonderbarsten Farben und Formen spielen in Scharen um die Korallenkelche, gleich den Kolibris, die um die Blütenkelche der Tropenpflanzen schweben. Zierliche, durchsichtige Krebse aus der Garneelengruppe schnellen haufenweise vorüber und bunte Krabben klettern zwischen den Korallenzweigen. Auch rote Seesterne, violette Schlangensterne und schwarze Seeigel treiben sich in Menge herum, der Scharen bunter Muscheln und Schnecken nicht zu gedenken. Reizende Würmer mit bunten Kiemenbüscheln schauen aus ihren Röhren hervor; dazwischen kommt ein dichter Schwarm Medusen geschwommen.



Elengeweihähnlicher Milleporenstock.

Eine andere Ordnung von Polypen, die sogenannten Quallen oder Hydroidpolypen, hat mit den Korallen zwar äußerliche Aehnlichkeit, unterscheidet sich aber von diesen durch den Mangel an Magenscheidewänden und des Schlundrohres und hatten die Eigentümlichkeit, daß die Einzelwesen eines Stockes sich in die Funktionen der Ernährung und Fortpflanzung teilen, indem die einen mit Fangarmen und Nesselorganen zum Einholen der Beute versehen sind, die anderen die Geschlechtsstoffe hervorbringen und ins Wasser entleeren oder am Stocke selbst sich zu Quallen ausbilden und sich dann von diesem loslösen und als frei umherschwimmende Organismen dem Fortpflanzungsgeschäfte obliegen, indem sie Eier legen, aus denen sich dann Larven entwickeln, die sich nun ihrerseits wieder fortsetzen und durch Knospung einen neuen Hydroidpolypenstock bilden. Unsere obige Abbildung zeigt einen solchen von der Familie der Milleporen, eine Benennung, die auf die Kleinheit der Einzelwesen und die große Zahl der ihnen als Schutzhöhle dienenden Oeffnungen hinweist.

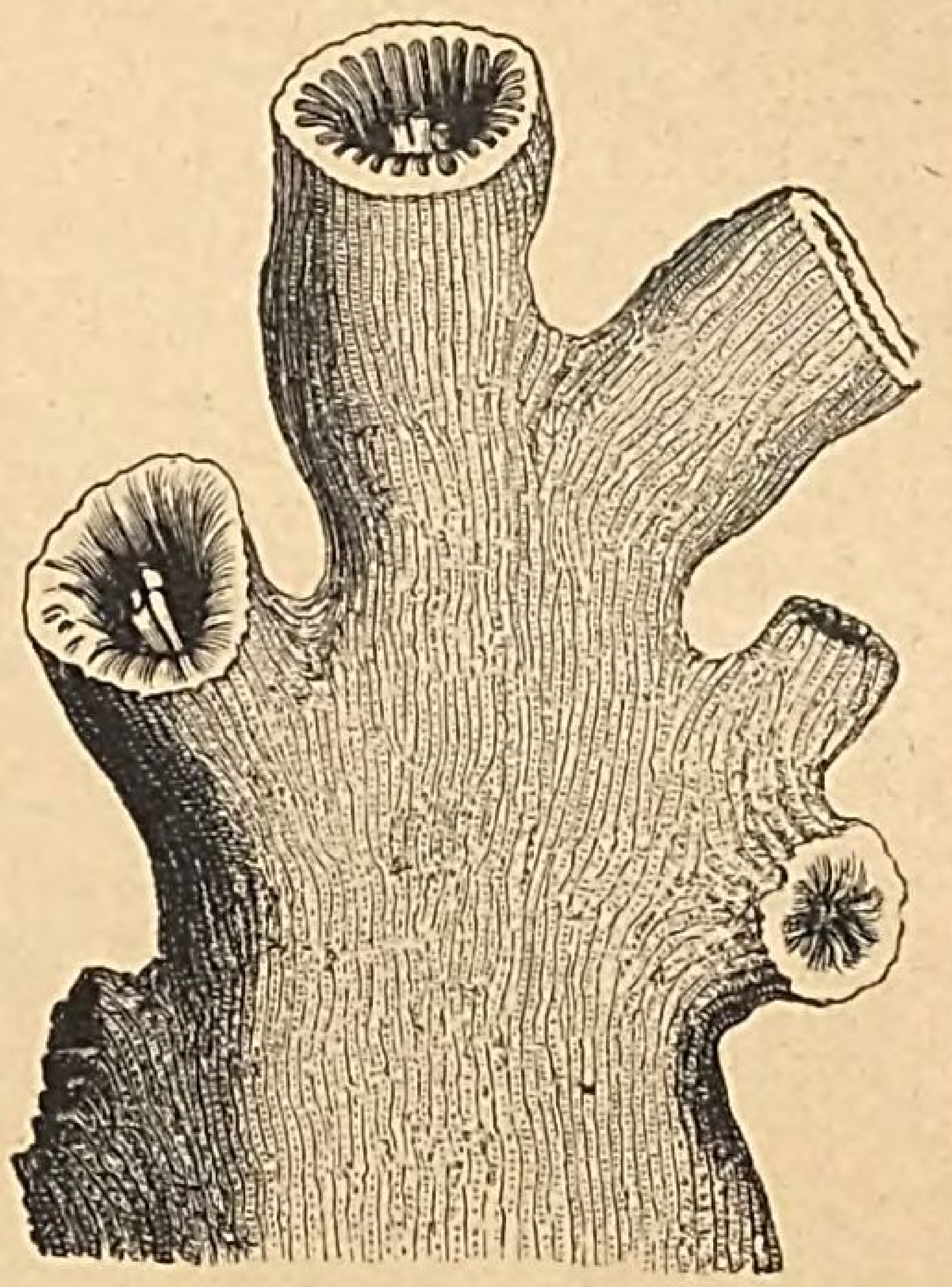


Korallenzweig mit lebenden Polypen.

Die Nahrung der Korallen besteht aus kleinen Seetieren, die sie mittels ihrer Fangarme und Nesselorgane bewältigen und in die Magenhöhle hinabziehen; nach erfolgter Verdauung werden die Ueberreste wieder durch den Mund ausgestoßen. Die Fortpflanzung geschieht teils durch Eier, teils durch fortgesetzte Teilung und Sprossung. Die abgestorbenen unteren und inneren Teile eines Stockes werden durch horizontale Scheidewände von den oberen und äußeren noch lebenden abgeschlossen, deren Kalkskelett nicht etwa einer anorganischen Substanz, sondern weit eher dem Knochengerüst eines Wirbeltieres vergleichbar ist

da es gleich diesem am Stoffwechsel und Wachstum des ganzen Stockes beteiligt ist. Unsere Abbildungen auf S. 402 unten und S. 403 zeigen das Aussehen je eines Zweiges von einem lebenden und einem toten Korallenzweige.

An den Bauwerken der Korallentiere sind die verschiedenen Arten derselben auch in verschiedener Weise beteiligt. Neumayr schreibt darüber: „Wo die Brandung am wildesten anstürmt, ist namentlich die Heimat der seltsam gezackten Millepora-Bauten und der plump baumförmigen Poriten, deren festes Gerüst aus einem feinen, netzförmigen Baue von Kalkteilen besteht. Von großer Wichtigkeit sind ferner die Madreporen, die überaus vielgestaltige Formengruppe der Asträen mit verhältnismäßig größeren Einzelkelchen, welche sich unmittelbar mit den Wandungen aneinander legen, die eigentümlich geformten Mäandrinen mit ihren langgestreckten, seltsam gewundenen Zellreihen und zahlreiche andere, deren Aufzählung hier zu weit führen würde. Zu ihnen gesellen sich in bedeutender Masse Vertreter des Pflanzenreiches, Algen, die sogenannten Nulliporen, welche sehr große Kalkmengen in ihren meist unregelmäßigen, knolligen oder krustenbildenden Stöcken absondern.


Korallenzweig
mit abgestorbenen Polypen.

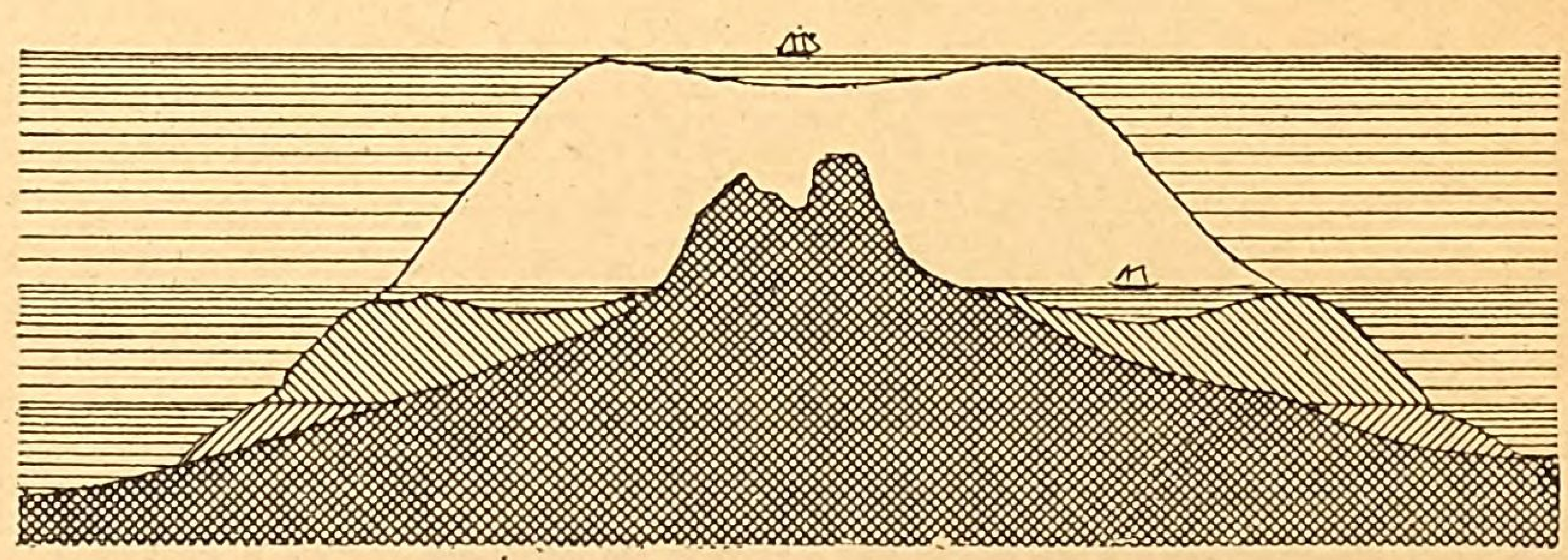
Die Größe der Einzelindividuen in den Korallenkolonien ist in der Regel sehr gering und sinkt bei Milleporen, Poriten und Madreporen sogar zu winziger Kleinheit herab; aber durch fortwährende Knospung bei manchen Formen, durch Selbstteilung bei anderen wachsen immer neue Zellen an, so daß durch die Vereinigung von Myriaden von Individuen Kolonien von riesigen Dimensionen gebildet werden. Die domförmigen Stöcke der Asträen und Mäandrinen können einen Durchmesser von 8 m erreichen, und die Poriten bilden massive baumförmige Bauten, deren Höhe bis zu 6 m steigt. Die Annahme, daß diese ganze Masse aus lebenden Zellen bestehe, wäre aber ein großer Irrtum; im Gegenteile ist das Innere verlassenes und abgestorbenes Kalkgerüst, und nur die äußerste Oberfläche ist von lebenden Tieren bedeckt, die an den riesigen Domen der Asträen kaum 12 mm, an den Poriten nicht mehr als 4 mm weit ins Innere reichen. Wie lange ein solcher Korallenbau von der geschilderten Größe zu seiner Ausbildung braucht, ist noch nicht bestimmt ermittelt; doch sind einzelne Anhaltspunkte für die Vermutung vorhanden, daß hierzu weit mehr als ein Menschenalter notwendig ist.

Was nun die Entstehung der Korallenbildungen anbelangt, so war man früherer Zeit der Ansicht, daß sich der Aufbau derselben vom Meeresgrunde herauf in der ganzen Höhe bis an die Oberfläche in der Weise vollzogen habe, daß die Fundamente thatsächlich in jener Meerestiefe von mehreren tausend Metern, in der sie heute begraben liegen, von den Korallentieren angelegt worden seien. Nun weiß man aber, daß diese Tiere schon in einer Tiefe von über 100 m nicht mehr lebensfähig sind; es mußte daher eine andere Erklärung für die Entstehung so mächtig hoher Korallenbildungen gefunden werden.

Darwin erklärt die Bildung eines Korallenriffes in der durch die Abbildung auf S. 404 veranschaulichten Weise: „Eine Insel ist in allmählichem Sinken begriffen, aber sie sinkt nicht schneller als die sie umgebenden Korallen aufwärts wachsen. Wie der Rand allmählich sinkt, wachsen die Korallen immer weiter nach aufwärts, und da diese Polypen besonders in der Brandung gedeihen, so wächst der Rand am schnellsten. Während sich also der Inselrand stets für die Senkung ausgleicht, findet innerhalb des Riffes nur eine teilweise Ausgleichung statt durch Ablagerung von Trümmern und Meeresschlamm. Sinkt allgemach die Insel bis zum höchsten Gipfel unter stetigem Aufbau der Korallenkolonien, so bleibt eine Insel übrig, die von einem Dammriff umgeben ist. Und nach einer weiteren Senkung verschwindet auch die Insel und es bleibt nur ein Korallenring oder Atoll übrig.

Wenn aber statt einer Insel die Küste eines Kontinentes sinkt, so entsteht ein großes barrierenartiges Riff, das durch einen breiten und tiefen Kanal vom Festlande getrennt ist.

Selbstverständlich kann ein Riffbau auch da entstehen, wo der Meeresgrund bis zu derjenigen Höhe emporgestiegen ist, in der die Korallen die nötigen Bedingungen für ihr Fortkommen finden. In solchen Fällen wird der Bau immer nur die verhältnismäßig geringe Höhe erreichen können, die ihm unter solchen Umständen geboten sind, und wenn sich der Meeresboden noch weiter erhebt, so daß er zum Festland wird, so werden diese Korallenriffe längst abgestorben sein und dem Beobachter sich, nachdem die Verwitterung ihr Zerstörungswerk daran geleistet hat, als einfache Kalkfelsen darstellen. In der Jurazeit haben solche Hebungen und Senkungen wiederholt stattgefunden und wir finden hier Schichten von Korallenkalk aus verschiedenen Zeiträumen übereinander gelagert. Da wo ein Korallenriff den Meeresspiegel erreicht, setzen sich Schlamm, angeschwemmte Erde und andere Materialien an und bilden infolge der Verwesung und Verwitterung allmählich eine Humusschicht, in der Pflanzenkeime, die das Wasser herangespült hat oder die Vögel in unverdautem Zustande wieder von sich gegeben haben, oder die endlich der Wind herbeigetragen hat, Wurzel fassen, wachsen und sich vermehren können. In der Südsee haben sich auf solchen Korallenriffen aus angeschwemmten Kokosnüssen ganze Anpflanzungen von Kokospalmen entwickelt. Eine wichtige Rolle spielen bei den Korallenbildungen, wie bereits weiter



Wachstum der Korallen

an einer sinkenden Insel graphisch dargestellt.

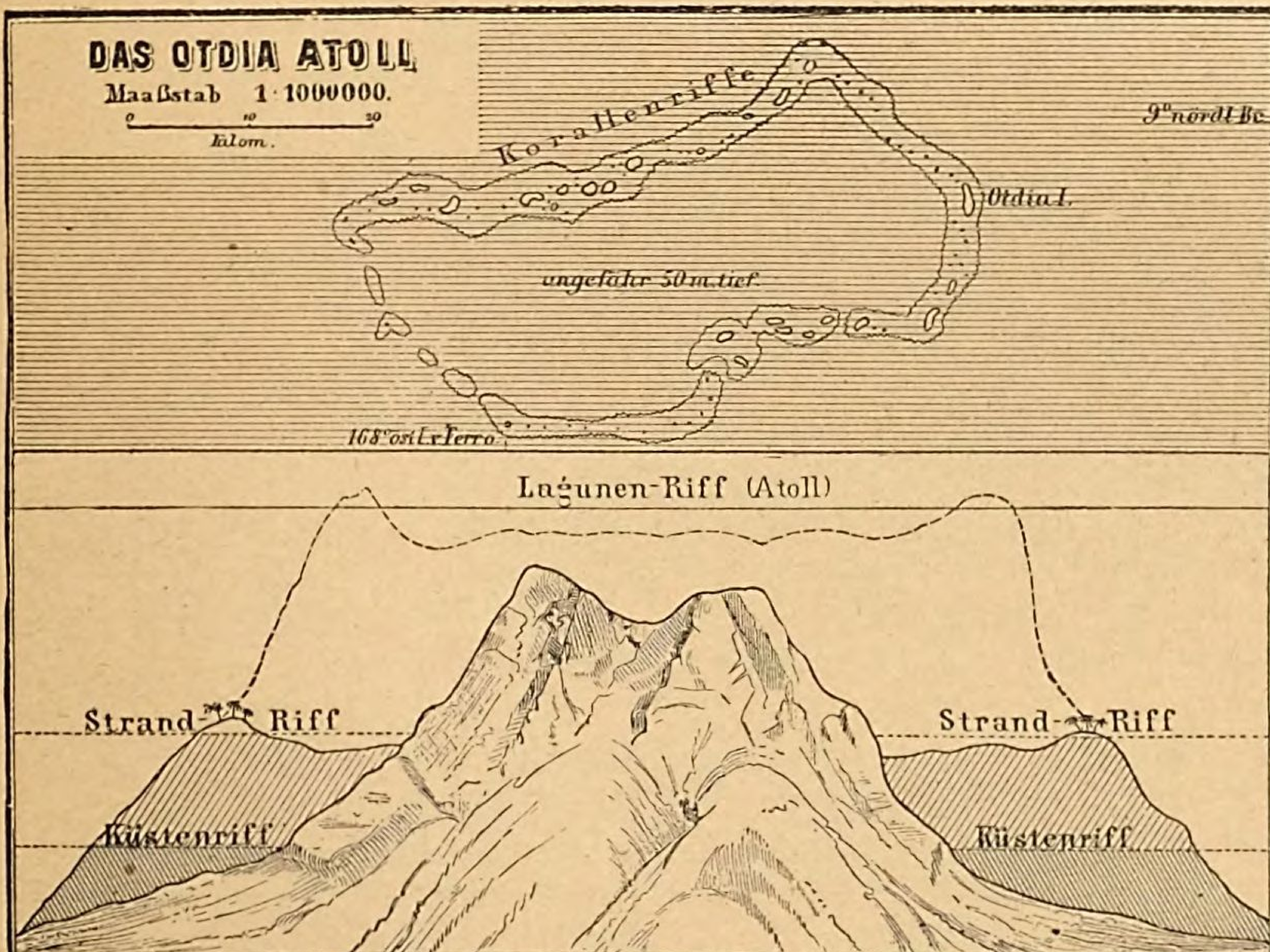
(Nach Darwin.)

Der Stand des Meeresspiegels und die entsprechende Entwickelung des Korallenriffes ist zu verschiedenen Zeitpunkten angegeben; zuerst bildete sich nur ein Strandriff, dann sehen wir die Lagune von einem Wallriff umgeben und zuletzt ragen nur noch die Gipfel der Riffe bis an die Meeresoberfläche heran, oder sinken sogar unter dieselbe. Dieses jüngste Stadium ist in der weißen Fläche veranschaulicht, die das Massiv der Korallenbank zeigt, die sich über der einstigen Insel gebildet hat. Die früheren Niveauverhältnisse des Meeresspiegels und der Korallenbildungen einerseits und die Senkung der Insel andererseits sind durch verschiedene Schraffierung angedeutet, und zwar ist die stufenweise Veränderung der Verhältnisse ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge nach von oben nach unten zu verfolgen.

oben erwähnt, die Steinalgen oder Nulliporen, die zeitweise vertrocknen können ohne abzusterben, und so bis an die Oberfläche des Wassers hinaufwuchern, wie sie andererseits bis an die Grenze der sogenannten Abgrundzone, der eigentlichen Tiefsee, hinabreichen. Sie kommen in fast allen Meeren vor und treten in den tropischen meist in Verbindung mit den Korallen auf, deren Gedeihen sie wesentlich fördern. Wie Oswald Heer schreibt, bilden sie hier häufig eine breite Zone an den Riffen, welche die Küste umsäumen. Da sie ein ungemein dichtes, fein verästeltes Gestrüpp erzeugen, das bis an die Oberfläche des Meeres hinaufwächst, bilden diese Kalkpflanzen einen schützenden Wall, an dem die Brandung sich bricht, so daß diese Nulliporenzone als eigentlicher Wellenbrecher funktioniert und das weiter innen wohnende Korallenvolk schützt. Zur Ebbezeit liegt sie dann trocken, ja ragt oft mehrere Fuß über die Seefläche hinaus, während zur Flutzeit die Wellen über sie weg gehen und die Höhlen und Spalten mit Schlamm und mannigfachen Fragmenten ausfüllen und so den Boden allmählich erhöhen. Aber auch die weiter innen liegende eigentliche

Korallenzone wird allmählich erhöht, wozu die vielen kalkerzeugenden Tiere, die dort sich angesiedelt haben, wesentlich beitragen. Unzählige Meerwürmer, Holothurien und Weichtiere geben Kalk von sich und erzeugen so einen schneeweißen Schlamm, der die Trümmer der Korallen, der Schnecken, Muscheln und Seeigel, welche das Meer hineinwirft, zusammenkittet und mit ihnen zu Fels verhärtet; so entsteht eine glatte, harte Fläche, als wäre sie aus Quadersteinen gemacht worden. In manchen Gegenden, so auf den Sandwichinseln, den Antillen und auf Mauritius hat eine allmähliche Hebung des Bodens stattgehabt, und hier sind dann die älteren, den früheren Strand umsäumenden Korallenriffe über das Meeresniveau gekommen, während sie an den jetzigen Küsten immer noch nachwachsen.

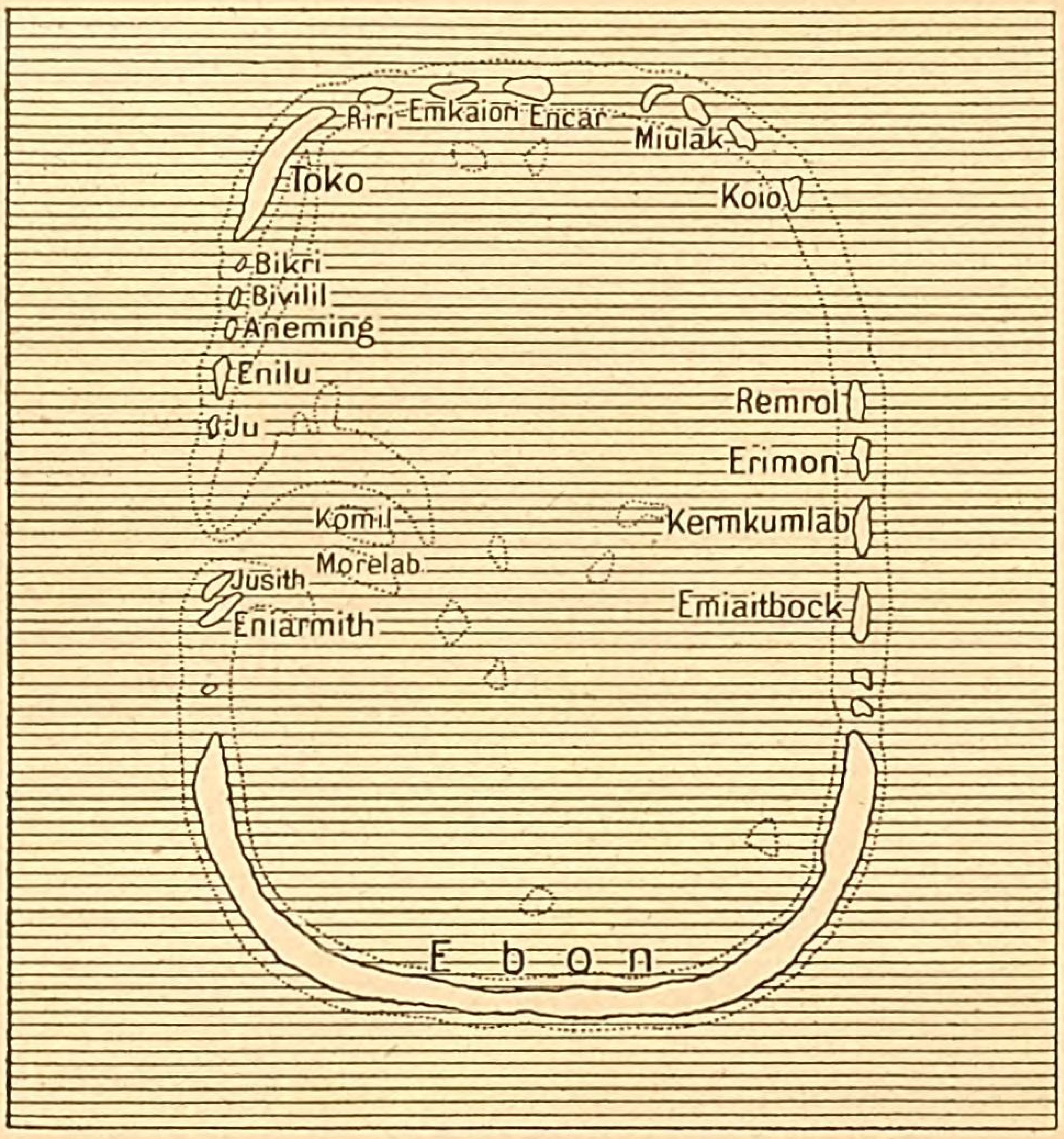
Es ist selbstverständlich, daß die Strandriffe und Küstenriffe, die weit mehr Raum zu ihrer Ausbreitung haben, von größerer Dauerhaftigkeit sind, als die ringförmigen Lagunenriffe oder Atolls, denen zu ihrer Entwickelung nur eine schmale Grundfläche übrig bleibt. Unsere untenstehende Abbildung giebt eine anschauliche Erklärung hierzu. Da die Korallen-



Küsten-, Strand- und Lagunenriffe,
nach der Natur dargestellt.

riffe an ihrer der offenen See zugekehrten Seite immer steil nach der Tiefe abfallen, so ist eine umfangreiche Entwickelung nach dieser Seite ausgeschlossen; da sie aber in den der Brandung ausgesetzten oberflächlichen Teilen des Stockes am besten fortkommen, so wird ihre Entwickelung nach der Seite der seichten Lagune hin, wo keine Brandung stattfindet, ebenfalls eine mangelhafte bleiben, sich auf kleine Korallenarten beschränken. Der schmale Ring aber, der die Lagune umschließt, kann der Brandung nicht genügenden Widerstand leisten und wird schon während seiner Entstehung, die naturgemäß keine völlig gleichmäßige sein kann, durchbrochen und in größere oder kleinere Stücke geteilt werden. Das Otdia-Atoll, das die obige Abbildung im Querschnitt und in der oberen Ansicht darstellt, giebt uns das Bild eines Atolls von der mäßigen Ausdehnung von ungefähr 55 km; wir sehen es in eine große Zahl von kleinen Inseln zerrissen, die gruppenweise von Untiefen des Strandriffes zusammengehalten sind. Andere Inselgruppen Oceaniens lassen ihre einstige Zusammengehörigkeit als Glieder eines großen Atolls wenig oder garnicht mehr erkennen; nichtsdestoweniger hat dieselbe gewiß einmal bestanden. Inselgruppen, die sehr dicht aneinander stehen,

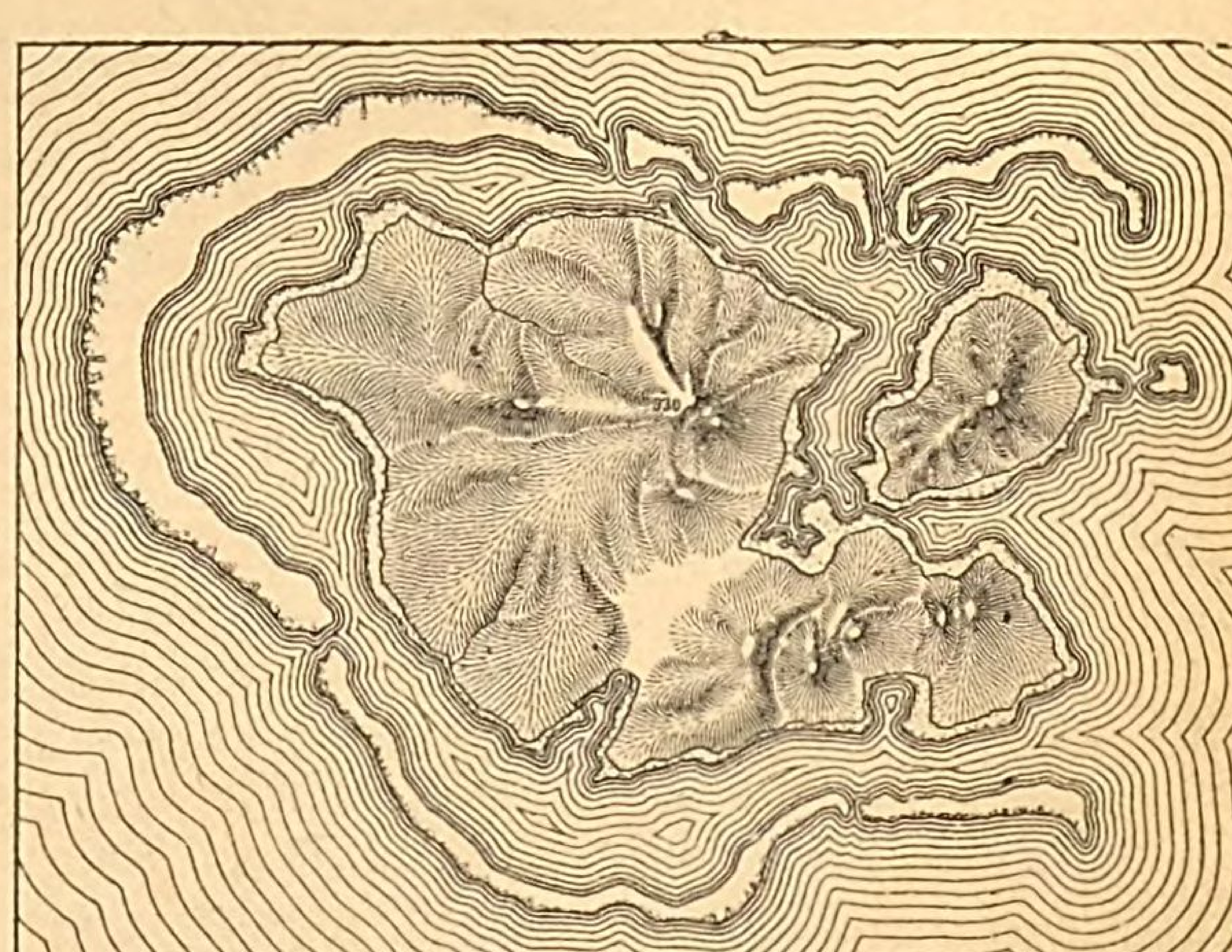
können ohne weiteres als Ueberreste einstiger Atolls angesehen werden. Ein Beispiel von interessanter Eigenart bietet die Insel **Ebon**, eine der südlichsten der Marshallinseln. Sie stellt sich als ansehnlicher Rest eines Ringriffes dar, dessen noch über dem Meeresspiegel emporragenden Restbestandteile die einstige Ringform in sehr deutlicher Weise erkennen lassen. Die Eingeborenen dieser Insel erzählen auf Grund der Ueberlieferung, die sie von ihren Voreltern empfangen haben, daß an Stelle der Lagune, die heute von dieser Inselgruppe umschlossen wird, eine hohe Insel gestanden habe, deren Hügel von Kokosbäumen und Brotbäumen beschattet waren. Diese Hügel bilden jetzt Untiefen, die über das Innere der Lagune verstreut sind und die unsere nebenstehende Abbildung ebenso wie den einstigen Rand des Ringriffes und die Stelle, wo das Meerwasser zuerst in die Lagune eingedrungen ist, deutlich erkennen läßt.



Der Atoll von Ebon.

Nach E. Reclus „La Terre“.

Ein anderes Bild zeigt die Insel **Vanikoro**, eines der größeren Eilande der zur melanesischen Gruppe Oceaniens gehörenden, südöstlich von den Salomonsinseln gelegenen Santa Cruz-Inseln. Hier ragen die Gipfel des einstigen Berges noch in beträchtlicher Erhöhung über dem Meeresspiegel empor, während an seinen bereits vom Meere bedeckten Hängen die Bildung von Wallriffen bereits zu bedeutender Entwickelung gekommen ist. Diese Wallriffe, die sich überall ziemlich genau an den horizontalen Querschnitt des Berges anschließen, sind an mehreren Stellen durchbrochen, und zwar finden sich solche Durchbrüche auch in der Nähe der Wasserläufe, die von dem bis 930 m ü. M. emporragenden vulkanischen Massiv der Hauptinsel dem Meere zufließen. Es hängt dies damit zusammen, daß die Korallen Süßwasser nicht vertragen und daher an solchen Stellen, wo dieses sich ins Meer ergießt und das Meerwasser verdünnt, keine Stöcke bilden.



Vanikoro.

Die riffbildenden Korallen der Gegenwart sind, wie schon erwähnt, nur in der heißen

Zone und deren beiderseitigen 6 bis 7° breiten Grenzgürteln zu finden. Auch hier fehlen sie an einzelnen Stellen, so an den Galopagosinseln, den Westküsten von Centralamerika und — mit Ausnahme der Bermudas — auch dem Atlantischen Ocean. Dagegen sind der Indische Ocean und das Stille Meer überstreut mit Atolls und Dammriffen, welch letztere hier und da auch die Küsten großer Festlandsbildungen umsäumen; so umgiebt die Nordostküste von Neuholland auf ein Tausend englische Meilen Länge ein breites Riff, das durch einen 10 bis 25 Faden tiefen und 20 bis 30 englische Meilen breiten Kanal vom Festland getrennt ist. Die Korallenriffe reichen auf der südlichen Hemisphäre bis zu 29° südl. Br.; auf der nördlichen im Roten Meer bis zu 30° und, durch den warmen Golfstrom begünstigt, bei den Bermudas bis zu 32° 15′ nördl. Br.

In vergangenen Zeitaltern waren dagegen die Korallenbildungen auch unter höheren Breiten sehr häufig. Man findet schon in der Silurzeit Korallen und zwar namentlich Kettenkorallen, die in späteren Formationen nicht wieder auftreten. Die Korallen bilden einen charakteristischen Bestandteil des sogenannten Jurameeres, das zu Beginn der Juraformation unter anderen das Niederelsaß, wo es zwischen Vogesen und Schwarzwald einen breiten Golf bildete, und die nordwestliche Schweiz bis an das heute von den Alpen ausgefüllte Gebiet heran bedeckte. Der oben erwähnte Golf zeigt uns, wie Oswald Heer in seiner „Urwelt der Schweiz“ feststellt, eine Masse von Korallen und Strandtieren und sagt uns, daß die Westküste des Schwarzwälder Festlandes von einem Küstenriff umsäumt war, das teilweise die Form eines Dammriffes annahm, welches von Schlamm-Breccienlagern umgeben war. Weiter westlich scheinen eigentliche Atolls aufzutreten. Ein ganz kleines Atoll ist das von Günzberg. An dasselbe lehnt sich die Solothurner Schildkrötenbank an. In den oberen Schichten des berühmten Steinbruches von Solothurn werden nämlich zahlreiche Schildkröten gefunden. Wahrscheinlich haben dieselben sich zur Laichzeit massenhaft da eingestellt. Es ist bekannt, daß diese Tiere seichte Uferstellen aufsuchen, um ihre Eier in den Sand zu vergraben oder auch in Felsenspalten zu legen, und daß sie sich zu bestimmten Jahreszeiten zu Tausenden da versammeln. Eine solche Brutstelle war wohl für die Juraschildkröten bei Solothurn. Mehr nördlich finden sich zerstreute Korallenriffe, die sich in der Richtung gegen Westen allmählich verlieren und ihre stärkste Entwickelung im Süden des Elsässer Golfes hatten.

Einzelne Korallen, hier und da auch Riffe, kommen schon in den älteren Jurastufen vor; in größter Verbreitung und Mächtigkeit erscheinen sie aber erst zur Zeit des weißen Jura. In dieser bildeten sich Kalkbänke, welche stellenweise eine große Mächtigkeit erreichen und den Namen des Korallenkalkes erhalten haben. Sie bestehen aus einer Masse von Steinkorallen, häufig in mehr oder weniger krystallinischem oder zuckerartigem Zustande. Die innere Struktur ist zwar meist durch die Krystallisation zerstört, die äußere Form und zwar die Streifung und Skulptur des Korallenstoffes und seiner Zellen aber sehr wohl erhalten. Die Farbe ist meist ein schönes Weiß, bei den Stöcken aber zuweilen auch fleischfarben. Zwischen diese Korallenstöcke, welche häufig noch aufrecht stehen, und oft einen Durchmesser von 2 bis 3 Fuß erreichen, sind viel andere Tierreste (Seeigel, Schwämme, Muscheln, Schnecken und Kruster) eingebettet und durch Kalkcement zu kompakten oder auch mehr lockeren Felsmassen verbunden. Im Innern der Korallenriffe, in den ehemaligen Lagunen der Atolls, sind die Tiere am besten erhalten geblieben. Die Muscheln und Schnecken zeigen uns ihre unverletzten, öfter wie Perlmutter glänzenden Schalen, die Seeigel ihre zierlichen Warzen und Streifen, ihre Stacheln, die Skulptur; sie wurden öfter in den Schlamm eingebettet, welcher das Innere der Lagunen einnahm, also ganz wie bei den Lagunen der Jetztwelt, in welchem sich ein feiner Kalkschlamm am Boden ansammelt. Da die Individuen derselben Art, und zwar in verschiedenen Altersstufen, nicht selten zu Tausenden beisammen liegen, bei den Muscheln beide Schalen noch verbunden und in gleicher Lage wie im Leben sind, so sind wahrscheinlich zeitweise ganze Völkerschaften von Schlamm und Sand überschüttet worden und zu Grunde gegangen, oder es sind auch durch das Sinken des Seebodens die Lebensbedingungen für sie ungünstig geworden und sie sind

allmählich ausgestorben. Der Fels hat uns diese Tiere daher in ihrer natürlichen Vergesellschaftung aufbewahrt. Am äußeren Rande der Riffe bemerken wir dagegen öfter Felslager, welche aus zerbrochenen und bunt durcheinander liegenden Tierresten gebildet sind und uns die Wirkung der Brandung veranschaulichen. Hier sind die Arten durcheinander gewürfelt und wohl aus einem großen Areal zusammengespült, während sie uns in den Lagunen und in den Spalten und Höhlungen der Riffe noch ihre natürliche Verteilung zeigen. Neben Arten, die überall im Jurameer vorkommen, besitzt fast jedes Riff, jedes Lager seine eigentümlichen Formen, was besonders bei den Seeigeln, Korallen und Haarsternen in die Augen fällt, welche an vielen Stellen familienweise beisammen liegen. Kompakte Kalke, zuweilen etwas kieselig und mit Muschelresten erfüllt, bilden die Vorläufer der Korallenbänke. Ein sandiger Boden scheint die Grundlage zu bilden, auf welcher sie sich in Gesellschaft von Muscheln zuerst entwickelt haben. An manchen Stellen folgen auf das Korallenlager aus sandiger und schlammiger Masse entstandene korallenleere Kalkschichte, und höher oben erscheinen die Korallen aufs neue, werden dann wieder von korallenlosen Lagern bedeckt und verkünden uns so einen fortgehenden Wechsel in den Lebensbedingungen der marinen Tierwelt.

Auch aus anderen Teilen Deutschlands, sowie aus Frankreich und England, sind große und weitverbreitete Korallenriffe bekannt geworden, so daß dieselben zur Jurazeit in Europa eine ähnliche Rolle spielten wie jetzt im Indischen Ocean und in der Südsee.

Die Korallenbildung der Jurazeit hat eine außerordentlich lange Zeit in Anspruch genommen; im Schweizerischen Jura erreichten die betreffenden Schichten eine Mächtigkeit von 750 m und die Bildung derselben verteilte sich, wie schon früher erwähnt, auf mehrere Perioden der Senkung und Hebung des Erdbodens. Die lange Dauer der Jurazeit geht schon aus dem Umstande hervor, daß die in den Korallenschichten eingeschlossenen Versteinerungen eine auffallende Abwechselung der Meeresbevölkerung erkennen lassen.

Neben diesen Korallenbildungen finden sich auch — namentlich im mittleren weißen Jura — Anhäufungen von Schwämmen oder Spongien, die sich zu ganzen Schwammfelsen und Spongitenmergellagern ausgestaltet haben. Im schweizerischen und schwäbischen Jura findet man auf den Ackerfeldern solche Massen von Schwammbildungen aller Formen, von Teller-, Becher-, Kugel-, Ei-, Keulen- und Wurzelgestalt, daß man — nach O. Fraas — beispielsweise bei Balingen binnen einer Stunde eine ganze Wagenladung derselben sammeln kann, ohne allzuhäufig auf zwei Exemplare von einer und derselben Art zu stoßen. Alle diese Schwämme sind an Stielen auf dem Grunde festgewachsen und haben sich in so gewaltigem Maßstabe vermehrt, daß sie förmlich Gebirgsglieder bilden. Es scheint, daß ihr Gedeihen weniger von der Tiefe als dem Wärmegrade des Meerwassers abhängt, und daß ihnen eine niedrigere Temperatur als jene zusagt, die für die Korallen Lebensbedingung ist. Vielleicht war das Jurameer von kälteren, aus dem Norden her kommenden Meeresströmungen durchzogen, die die strichweise Anhäufung der Schwammkolonien daselbst begünstigten.

Wir werden auf die Schwämme im IX. Abschnitte dieses Buches noch zurückkommen.

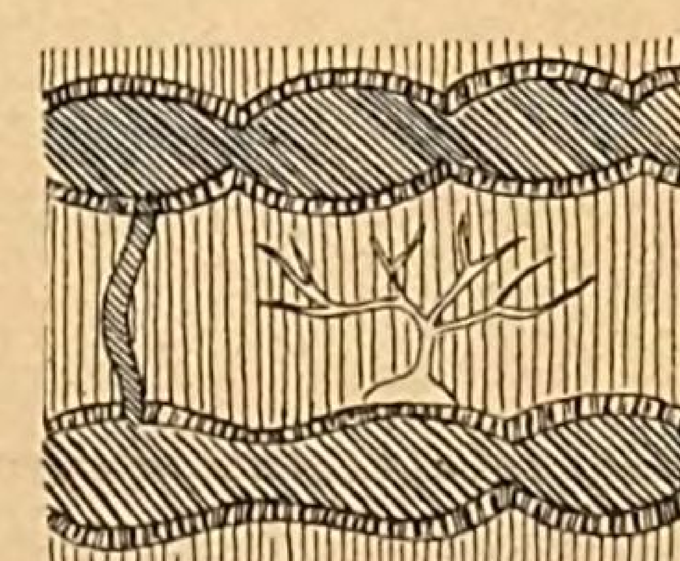
Siebentes Kapitel.

Die geologischen Zeitalter.

Im vorigen Kapitel ist bereits ein Gesamtbild der zeitlichen Aufeinanderfolge der verschiedenen Bildungsformen der Erdoberfläche in großen Zügen gegeben worden. Dieses Bild wollen wir nun vervollständigen und bei den einzelnen Wandlungen desselben, soweit sie von besonderem Interesse sind, länger verweilen.

Auf das Alter der Gesteinsschichten können wir aus der Reihenfolge, in der sie übereinander liegen, nur dann einen sicheren Schluß ziehen, wenn sie in ihrer ursprünglichen Lage nicht gestört worden sind. Dies kann dann angenommen werden, wenn die Schichten horizontal gelagert oder an Stelle, wo sie gehoben und dadurch in eine schiefe Lage gebracht wurden, mit horizontal liegenden Schichten noch vollständig zusammenhängen. Wir haben im vorigen Kapitel gesehen, daß dieser Fall nicht immer eintrifft, daß vielmehr die Schichten durch Bruch, Verwerfung, Eindringen eruptiven Gesteines u. s. w. vielfach aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht, zerstört und sogar umgekippt sind, so daß diejenigen, die früher obenauf gelegen hatten, nun zu unterst gekehrt sind. Auch die Erhebungszeit der Gebirge kann für die Beurteilung des Alters der Schichten, aus denen sie aufgebaut sind, nicht als Anhaltspunkt dienen, denn um den Zeitpunkt der Erhebung zu kennen, müssen wir zunächst die Altersfolge der Schichten kennen. Den einzig sicheren Anhaltspunkt bieten uns die organischen Einschlüsse, deren Alter wir nach ihrem Entwickelungszustande zu beurteilen vermögen. Auf diese muß daher in der nachfolgenden Skizzierung der geologischen Zeitalter wenigstens andeutungsweise Rücksicht genommen werden, wenngleich dieselben später noch Gegenstand eingehenderer Erörterung sein sollen.

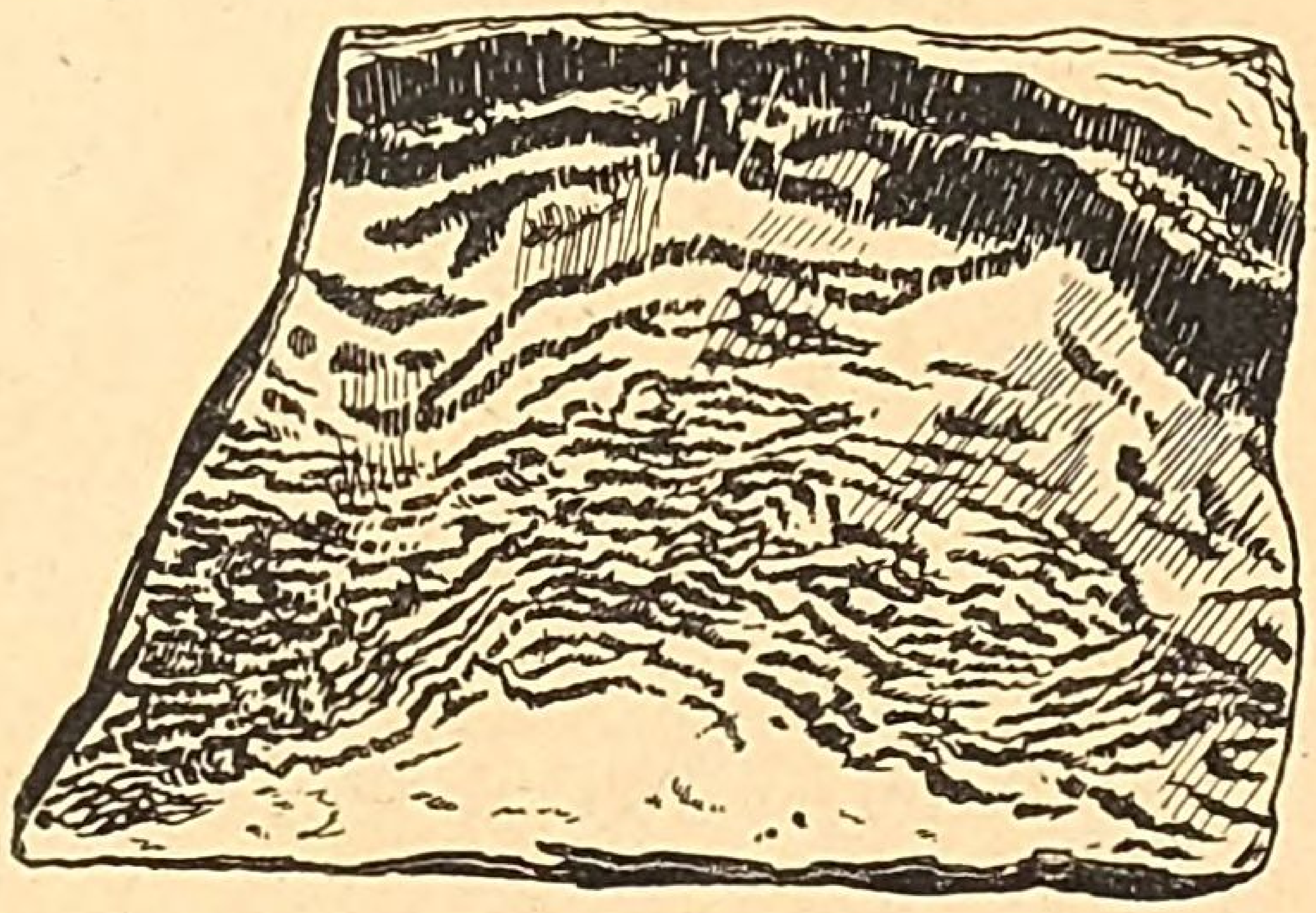
Die Uranfänge des organischen Lebens kennen wir nicht, weil uns keine erkennbaren Spuren derselben erhalten geblieben sind. Es ist bereits erwähnt worden, daß uns nur die dauernden Hartgebilde der Tiere im Original oder in Abdrücken oder Abgüssen erhalten geblieben sind; auch von den Pflanzenresten der Vorwelt besitzen wir bloß Abdrücke und nur in seltenen Fällen ist die Pflanzenstruktur konserviert. Da nun die niedrigsten Formen beider Naturreiche der Hartgebilde meist ermangeln und die Materie, aus denen sie gebildet sind, äußerst vergänglicher Natur ist, so daß sie sich nach dem Zerfalle sofort chemisch zersetzt, so ist es natürlich, daß davon keine Ueberreste vorhanden sein können. Sehr viele Ueberreste werden überdies durch chemische und mechanische Zerstörung, durch völlige Zermalmung u. s. w. vernichtet worden sein. Wie die ältesten Spuren der Entwickelungsgeschichte der Menschheit erst von der Zeit an, und auch da anfangs nur in sehr spärlichem Maße erhalten geblieben sind, später aber an Mannigfaltigkeit und Reichhaltigkeit immer mehr zunahmen, so sind auch die ältesten Ueberreste der organischen Welt unwiederbringlich für uns verloren gegangen und erst mit der Zunahme der Entwickelung werden sie an Zahl und Formenwechsel immer reicher.



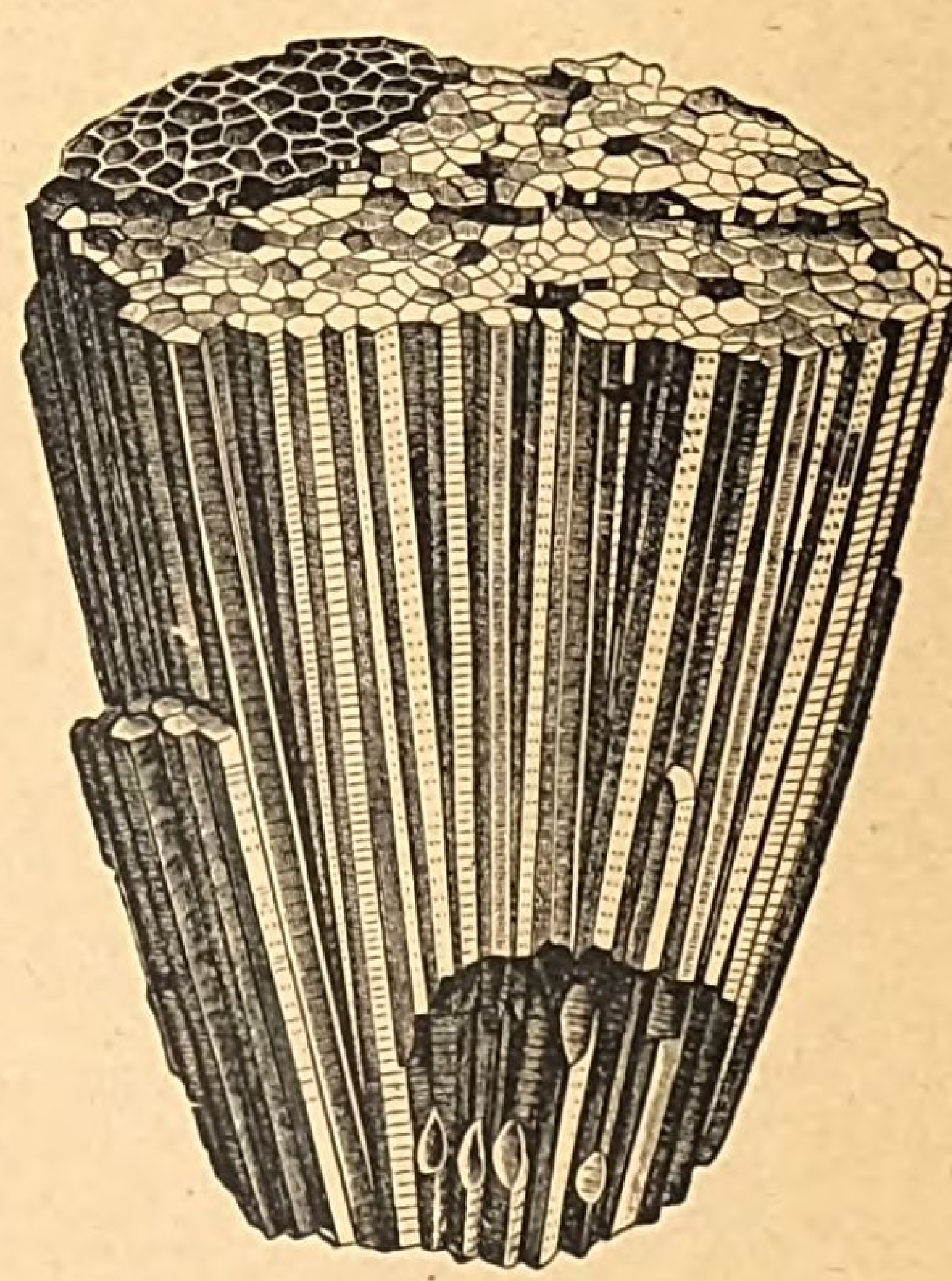
Eozoon canadense,
vergrößerte Einzelheiten.

Daß die Eruptivgesteine keine organischen Einschlüsse enthalten können, ist einleuchtend. Ebenso wenig findet man solche im krystallinischen Schiefer, dem die sogenannten archäischen Formationen angehören. Wenn diese, wie viele Geologen annehmen, unter der Einwirkung überhitzter Wasserdämpfe und hohen Atmosphärendruckes ursprünglich so entstanden sind, wie wir sie jetzt sehen, so ist das Vorkommen organischer Reste in denselben natürlich von vorneherein ausgeschlossen, sind sie aber, was wahrscheinlicher ist, nur ein Umwandlungsprodukt aus richtigem Schiefer, das unter starker Spannung, ungeheurem Druck und hoher, dadurch verursachter Hitze entstanden ist, so erklärt sich das Fehlen organischer Einschlüsse

ebenfalls aus der durchgreifenden Zerstörung, der sie im Verlaufe dieses gewaltsamen Prozesses ausgesetzt waren. Immerhin hat man geglaubt, in diesem ältesten Schichtengesteine die ersten Spuren organischen Lebens entdeckt zu haben. Der Amerikaner Logan, dem später auch die Zoologen Dawson und Carpenter beistimmten, wollte in eigentümlichen Gebilden, die im Gneis Kanadas gefunden worden waren, ein gewaltiges Urschleimtier erkennen. Man nannte dasselbe Eozoon Canadense (Canadisches Morgenrot-Tier), womit einerseits seine Herkunft festgestellt, andererseits die Anschauung ausgedrückt werden sollte, daß in diesem Wesen das Morgenrot des organischen Lebens auf der Erde angebrochen sei. Neumayr schreibt darüber: „Das Eozoon wurde als eine hand- und selbst kopfgroße, irregulär gebaute Form aus der Abteilung der Foraminiferen, niedrig organisierter Urtiere, beschrieben; der Kalk sollte das Gehäuse, die Serpentinpartikel die Ausfüllung von Kammern und Kanälen in diesem darstellen. Die äußere Gestalt bietet in der Regel eine breite Basis und gewölbte Oberseite. Ohne Vergrößerung sieht man reihenförmig angeordnete Streifen von Serpentin, welche an manchen Stücken zahlreiche Einschnürungen zeigen und dadurch ein etwa perlschnurartiges Aussehen erhalten; jede Perle würde demnach eine Kammer darstellen, deren jede mit den beiden benachbarten in weit offener Verbindung steht. Die einzelnen Serpentinzüge sind von schmalen Streifen eingesäumt, die sich unter dem Mikroskope bei starker Vergrößerung als zahlreiche, überaus feine Serpentin- oder Asbestfasern von paralleler Lagerung entpuppen. Diese feinen Fasern werden als die Ausfüllung zarter Poren betrachtet, wie sie in den Wandungen vieler Foraminiferen auftreten, und diese Erscheinung wird als ein Haupt-Argument für die organische Natur des Eozoon angeführt. Zwischen je zwei Serpentinstreifen verläuft eine kompaktere Partie von Kalk, der keine zarten Fasern, wohl aber gröbere kanalartige Partien von Serpentin enthält, welche entweder zwei der sogenannten Kammerreihen miteinander verbinden, oder sich verzweigen und in dem Kalke blind endigen. Auch für diese Erscheinungen finden wir wenigstens teilweise Analogien bei den Foraminiferen, indem an manchen unter diesen zwischen den porösen Teilen der Schale dichte, nur bisweilen von groben Kanälen durchsetzte Kalkpartien auftreten." Es würde sich demnach der Bau der Kammern des Eozoon so darstellen, wie ihn unsere Abbildung auf S. 409 in schematischer Vergrößerung zeigt.



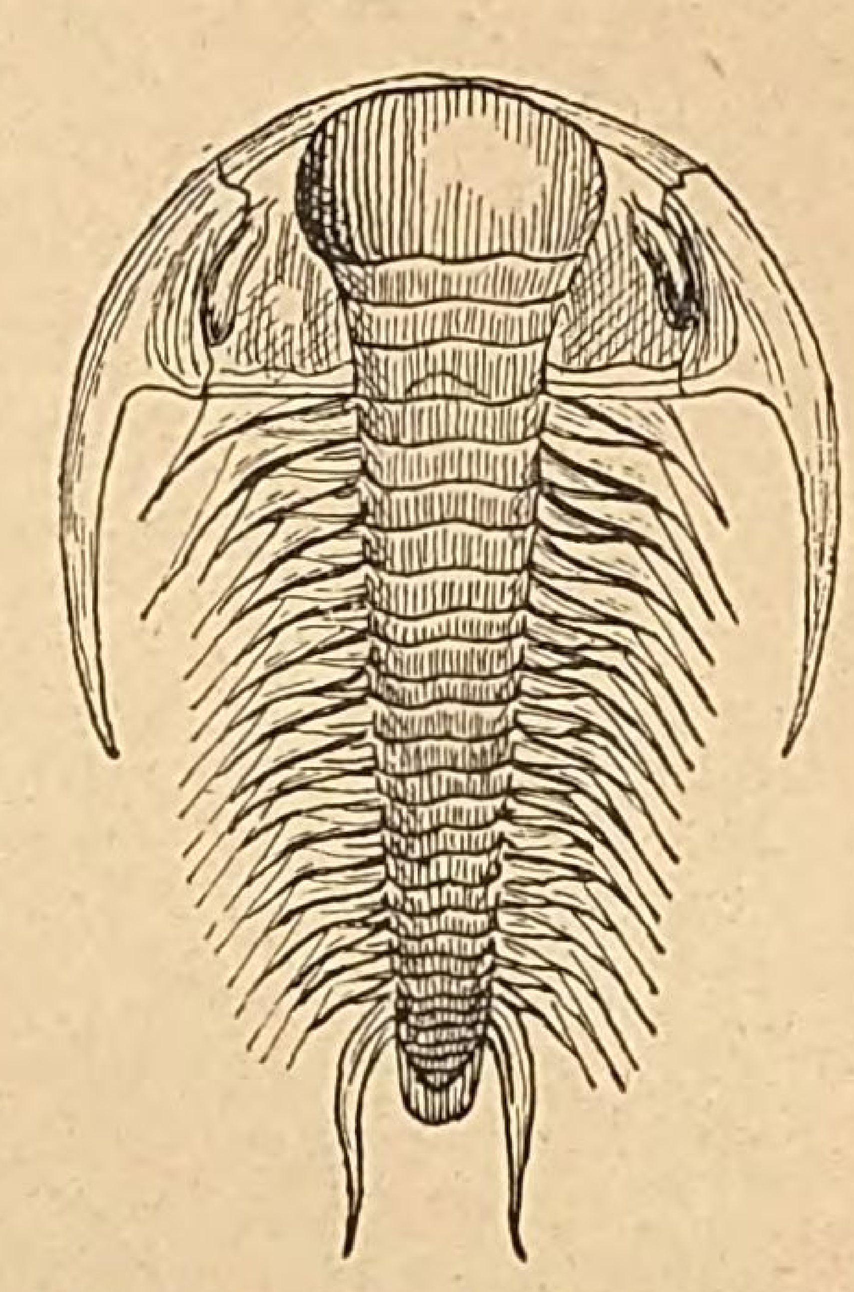
Eozoon canadense.
Ein Bruchstück in natürlicher Größe.



Favosites.
Eine Korallenart von der Ordnung der Tabulaten.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte".)

Aehnliche Gebilde sind später an vielen anderen Orten in Gesteinen aus derselben Periode vorgefunden worden, doch nahmen die Mineralogen dieselben für ihr spezielles Gebiet in Anspruch und wußten in so überzeugender Weise die einfach anorganische Entstehung derselben darzulegen, daß die „Morgenröte" sich bald wieder in dunkle Nacht verwandelte. Damit ist aber keineswegs gesagt, daß in dem Zeitalter, dem diese Gesteine

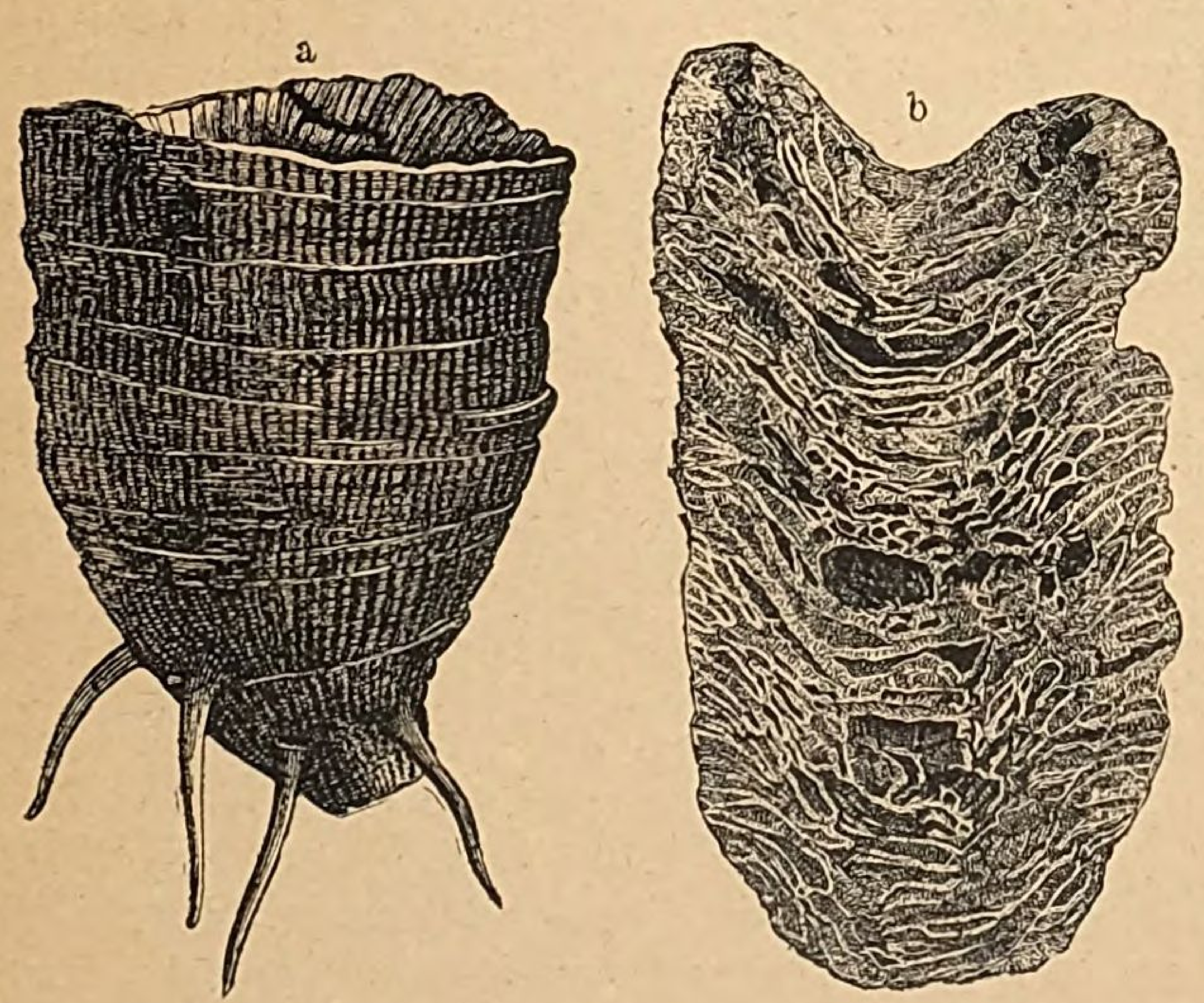
angehörten, überhaupt noch kein organisches Leben auf der Erde geherrscht habe; die verhältnismäßig reiche und bereits wohlentwickelte Fauna und Flora, die das nächstfolgende Zeitalter aufweist, spricht allein schon dafür, daß auch die archäische Zeit ihr Leben gehabt haben muß, wenn auch die Spuren desselben aus den bereits angegebenen Gründen verloren gegangen sein sollten.



Paradoxides bohemicus,
ein Trilobit aus dem Untersilur.

Die archäische Formation wird von amerikanischen Geologen auch als Laurentinische Formation bezeichnet, weil sie im Gebiete des St. Lorenzstromes in bedeutendem Maße vertreten ist. Nach den vorherrschenden Gesteinsarten wird sie auch als Urgneisformation bezeichnet. Neben Graphit, Magneteisenstein und Gängen edler Erze findet man auch Kalkstein in dieser Formation vertreten, so beispielsweise am Vorgebirge Athos an der griechischen Halbinsel Chalkidike, das eine einzige Masse krystallinischen Kalkes (Marmor) enthält, die in den krystallinischen Urschiefer eingeschaltet lag und nach Verwitterung der deckenden Schiefermassen zu Tage getreten ist. Da wir den Kalkstein als aus kalkigen Tiergehäusen entstandenes Gestein kennen, so liegt auch hier die Vermutung nahe, daß das Material zu diesem Urkalkstein von Meermuscheln geliefert worden und erst infolge späterer Einflüsse krystallinisch umgebildet worden ist.

Den Uebergang von der archäischen Formationsgruppe zu der nächst jüngeren bildet die sogenannte Phyllit-Formation, die in ihren unteren Lagen dem Glimmerschiefer sehr nahe steht, in den höheren aber immer mehr thonige Beimengungen führt, so daß zuletzt eine Trennung von den darauf folgenden jüngeren Thonschichten kaum mehr thunlich ist. Man hat dieses schieferige krystallinische Gestein von meist grünlicher bis grauer Farbe, das auf der Spaltungsfläche einen seidenartigen Glanz zeigt, auch als Uebergangsgebirge bezeichnet.

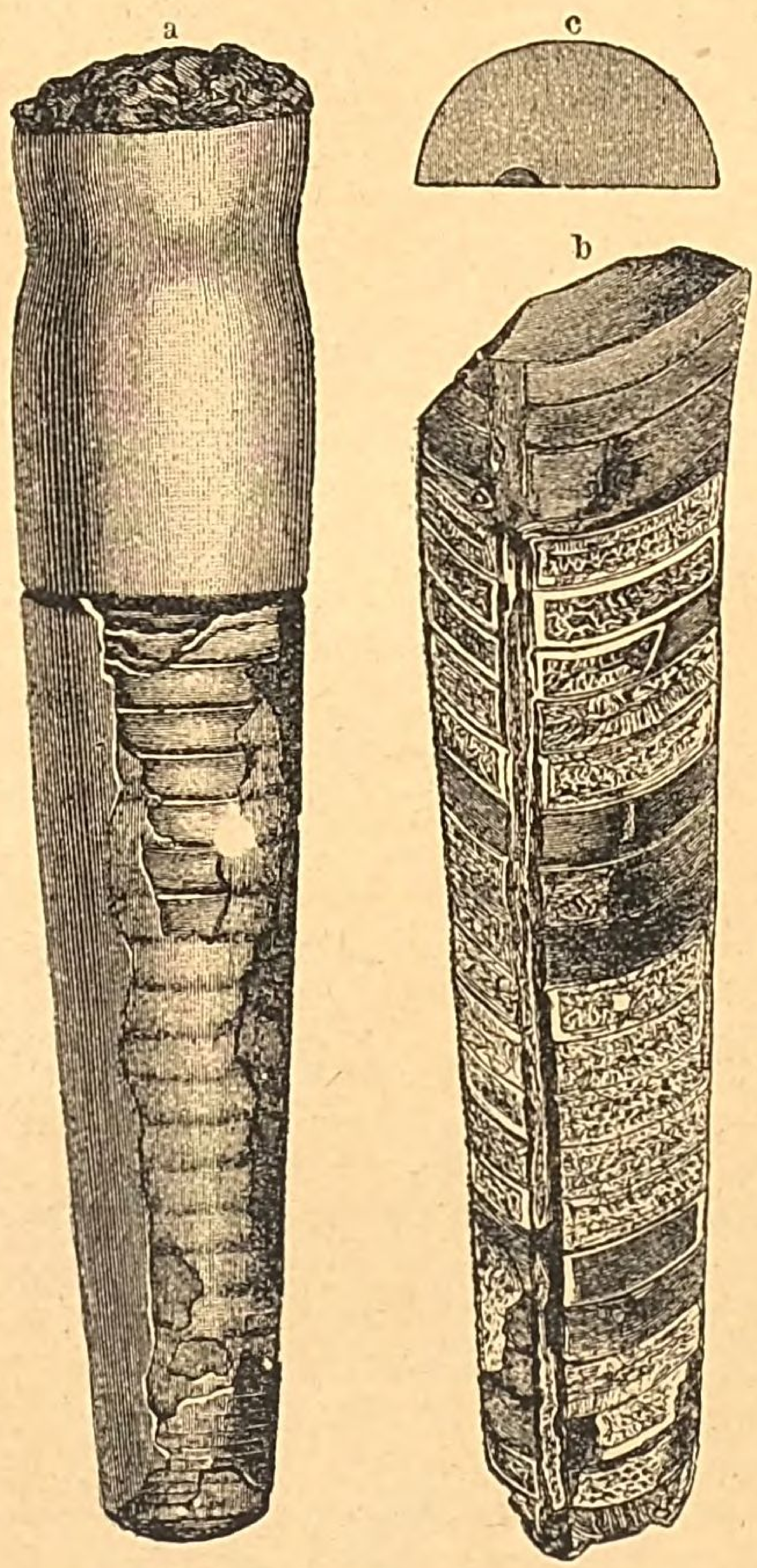


Omphyma subturbinatum,
eine Korallenart von der Ordnung der Rugosen; a. von der Seite, b. im Durchschnitt gesehen.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte“.)

Das nächstfolgende geologische Zeitalter umschließt die paläozoischen Formationen, die, wie wir bereits wissen, mit der Primärzeit zusammenfallen. Die älteste Formation dieser Gruppe wird die Cambrische genannt, nach dem Cambrischen Gebirge in der englischen Landschaft Wales. Wie aus der Beschaffenheit der untercambrischen Sandsteine von Lugnas in Schweden geschlossen werden kann, bestand dort zu jener Zeit bereits echtes Festland, Gneis- und Granitmassen stiegen in Falten über dem Meeresspiegel empor und boten dem Spiele der Wellen das Material, aus welchem sie die auf eine Mächtigkeit von 18000 Fuß geschätzten Schichten dieser Formationsgruppe schufen, und in diesen Schichten finden sich bereits Reste von Organismen, Abgüsse von Medusenkörpern, die in der Weise entstanden, daß die Magenhöhle der betreffenden Tiere vor dem Zerfalle der Leichen mit

Schlamm ausgefüllt wurde, der sich dann erhärtete und dabei die Form dieser Höhle selbst annahm. Auch die Kriechspuren von Krebsen, Würmern und Schnecken finden sich vor. Alle Versteinerungen gehören dem Meerleben an; von Pflanzen sind meist nur undeutliche Spuren von Algen vorhanden, in der Tierwelt herrschen die Trilobiten (vergl. Abb. auf S. 411) vor, die in verschiedenen Arten von 2 mm bis $^1/_2$ m Länge vorkommen. Unter den Korallenarten dieses Zeitalters sind die Rugosen und die Tabulaten durch außerordentlich reiche Entwickelung bemerkenswert; wir geben untenstehend Abbildungen zweier Arten dieser Gattungen.

Die nächste Formation ist das Silur. Hier findet sich, wie O. Fraas schreibt, bereits derselbe Wechsel von Niederschlägen, den wir in jüngeren Gebirgen treffen oder wie er noch in der Tiefe der See sich bildet: Sand, Kalk und Thon. An der Art der Steine läßt sich somit weder diese, noch irgend eine andere Formation erkennen, haben wir doch nichts Anderes vor uns, als was die Flötzgebirge alle bieten: eine Aufeinanderfolge von Sandstein, Kalken, Mergeln, Schiefern und Thonlagern. Um so sicherer sind die organischen Leitsterne, die vom Kap der guten Hoffnung bis Gothland, vom Ural bis Bolivia eine seltene Uebereinstimmung der Charaktere zeigen, wie wir sie in jüngeren Schichten nicht wiederfinden.

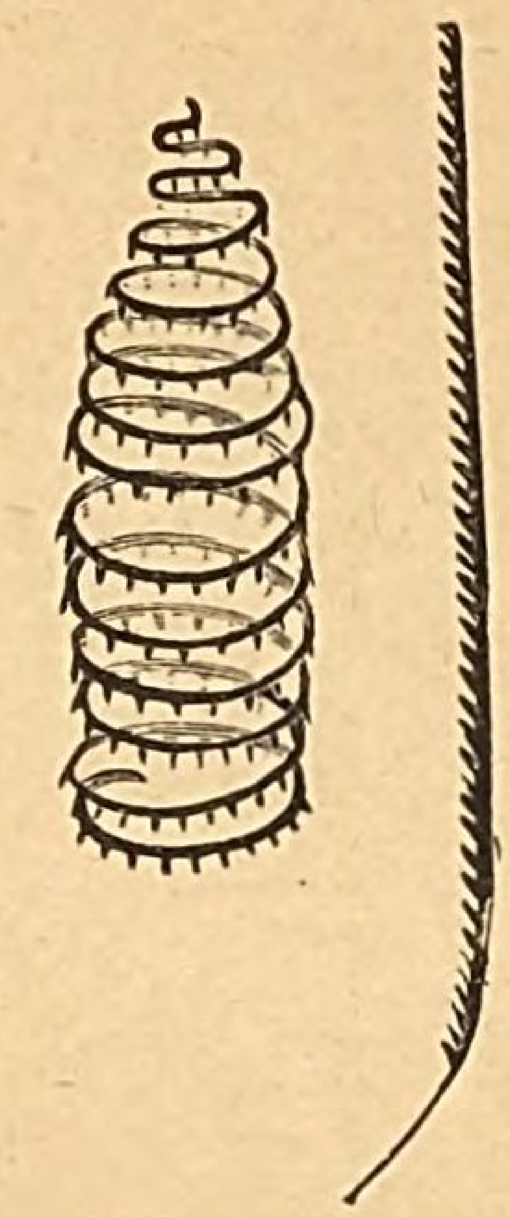


Orthoceras neptuneum,
von der Klasse der Nautiliden. a. Ein Exemplar mit teilweise erhaltener Schale und abgebrochener Spitze; b. Längsschnitt mit Ansicht der Kammern im Innern; c. Querschnitt.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte".)

Einerlei Pflanzenwuchs, einerlei Tierbevölkerung zeichnet den Charakter des weiten, fast uferlosen Oceans; fast scheint es, daß zwischen dem Norden und den jetzigen Tropen keine klimatische Verschiedenheit herrschte. Kein Gebirge und kein größeres Festland hinderte die Verbreitung der Wärme über die weite Wasserfläche. Einer Temperatur freuten sich die ersten einfachen Geschlechter und Arten, die in um so größerer Menge von Individuen sich verbreiteten. In der Schöpfung von Individuen erschöpfte sich die Lebenskraft, gleichsam, um in deren Resten Material zu erzeugen zur Bildung neuen Bodens für die nachfolgenden Geschlechter.

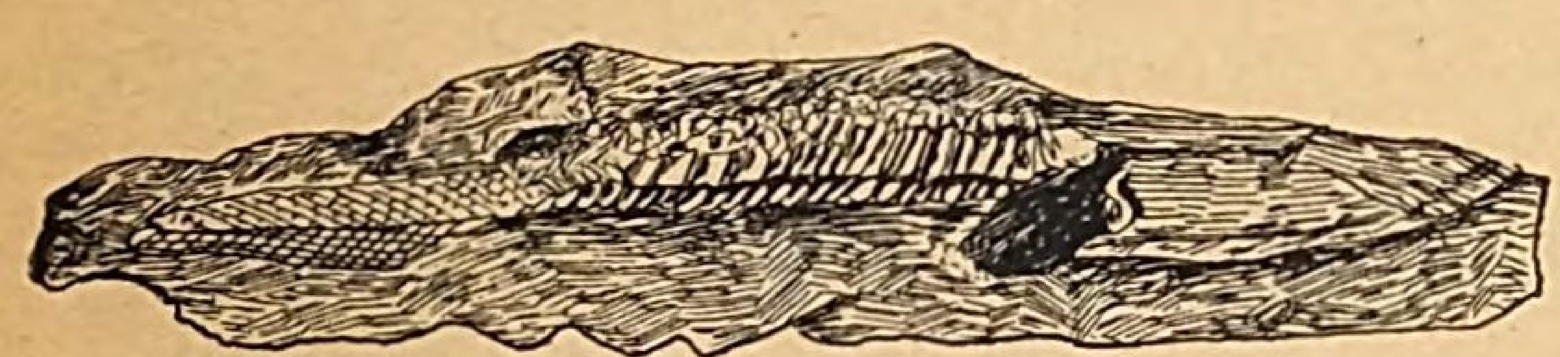
Sehen wir diese ältesten Geschöpfe näher an, so sind es durchweg — Pflanzen und Tiere — Bewohner des Meeres. Das Reich der Seetange ist auch naturgemäß das erste, weil einfachste, zu dem auf dem Grund des Meeres die Pflanzenzelle sich gestaltet. Tritt doch erst in der zweiten Hälfte des ersten Weltalters das Land hervor, dem die Bärlappen, Farne und Kalamiten entsprossen. Die ältesten Tierformen scheinen überhaupt noch nicht aufgefunden zu sein, während die organische Substanz, die sie bei ihrer Verwesung lieferten, dennoch reichlich den Schichten sich mitteilte, die auf dem damaligen Meeresgrunde zum Absatz gelangten. Die dunklen und schwarzen Farben, die kohlige und bituminöse Beschaffenheit so vieler fossilfreier Schichten des Silurs mögen wohl großenteils aus einer solchen Imprägnation mit aufgelösten organischen Verwesungsprodukten zu erklären sein. Auch da, wo die organischen Ueberreste noch deutlich zu erkennen sind, ist es gar häufig nur die auf das Gestein übertragene Form, welche als Abdruck oder Steinkern eine Er-

kennung ermöglicht. Die Wacken, Sandsteine und Schiefer bilden für wirkliche Versteinerung kein geeignetes Material; letztere sind — besonders wenn man auf Erhaltung der Schalen Anspruch macht — nur im Kalkstein und Mergel zu finden. Eine den Korallen jedenfalls verwandte Ordnung ist die der Graptolithen. Die Graptolithen sind zarte, meist langgestreckte, einfache oder gegabelte, gerade oder gebogene, teilweise schraubenförmig gewundene Korallen, an einer oder zwei Seiten mit schiefgestellten Zellen dicht besetzt. Sie kommen namentlich in kohligen Schiefern als körperlose, schattenhafte, nur durch einen weißen Anflug erkennbare Abdrücke häufig vor.



Graptolithen.

Die Trilobiten und Graptolithen, die im unteren Silur noch eine vorherrschende Rolle spielten, treten im Obersilur allmählich hinter den Nautiliden (vgl. die Abbildung auf S. 412) und Brachyopoden zurück, die jetzt in zahlreichen Arten erscheinen. Neben ihnen treten die echten Crinoiden mit Stiel, Kelch und Armen auf, ebenso die Korallen, die einzelne Schichten vollständig erfüllen. Eine absonderliche, vermutlich den Schnecken verwandte Form zeigt die Conularia mit ihrem rhombischen Querschnitte a; die Seitenansicht ist in b wiedergegeben. Von den Muscheln vertritt Orthis hybrida (s. Abb. auf S. 414) die höchstentwickelte Form der Brachyopoden. Neu sind Riesenkrebse von unförmlicher und absonderlicher Gestalt und — als die ersten Vertreter des Wirbeltierkreises — die mit schildförmigen Panzerplatten anstatt der Schuppen bedeckten Fische.



Panzerfisch aus der Silurzeit.

Die nächste Formation der paläozoischen Gruppe ist das Devon. Während die Silurformation ihren Namen dem keltischen Stamme der Silurer verdankt, der einst in Wales ansässig war, ist die Devonformation nach der Landschaft Devonshire im Südwesten Englands benannt, wo dieselbe zwar nicht in auffälliger Weise vertreten, aber von englischen Geologen eingehend studiert worden ist.

Die devonische Landschaft war jedenfalls vorwiegend Seelandschaft mit vorherrschender Meeresflora und spärlichen, denjenigen der nachfolgenden Steinkohlenperiode verwandten Landpflanzen. Die Tierwelt des Devon steht derjenigen des Silur in gleicher Weise nahe, wie der Charakter des Gesteines, aus dem seine Schichten gebildet sind; doch treten jetzt Kalksteine in weit größerer Verbreitung auf, und auch die Landflora läßt ihr Vorhandensein in den Spuren von Gefäßkryptogamen erkennen, die hier aufgefunden werden.

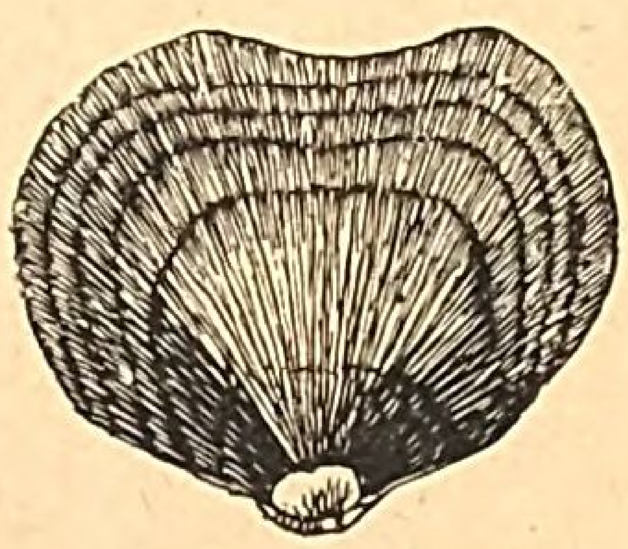


Conularia.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte“.)

Zur Erkennung des Alters einer geologischen Formation dienen hauptsächlich die sogenannten Leitfossile, Versteinerungen, die entweder durch ihr massenhaftes Auftreten oder durch ihre Beschränkung auf ganz bestimmte Schichten oder Systeme von solchen diesen ein ausgesprochenes Gepräge verleihen. Als solche Leitfossile gelten für die ältesten Schichten des Devon, das sogenannte Unterdevon, eine eigentümliche Korallenart, das Pleurodictyum problematicum, sowie einzelne Spiriferenarten. Die Crinoiden und Trilobiten verschwinden mehr und mehr von der Bildfläche, wogegen Muscheln und Meerschnecken an Zahl zunehmen. Diese letztere Erscheinung tritt besonders im Mitteldevon hervor, das an Versteinerungen ganz besonders reich ist und in denen Korallenschichten neben den Korallen selbst in Hülle und Fülle geborgen liegen. Brachyopoden und Nautiliden sind sehr häufig, von Trilobiten aber nur noch eine Gattung von Bedeutung. Im Oberdevon finden sich zahlreiche Arten von Fischen, und zwar kommen

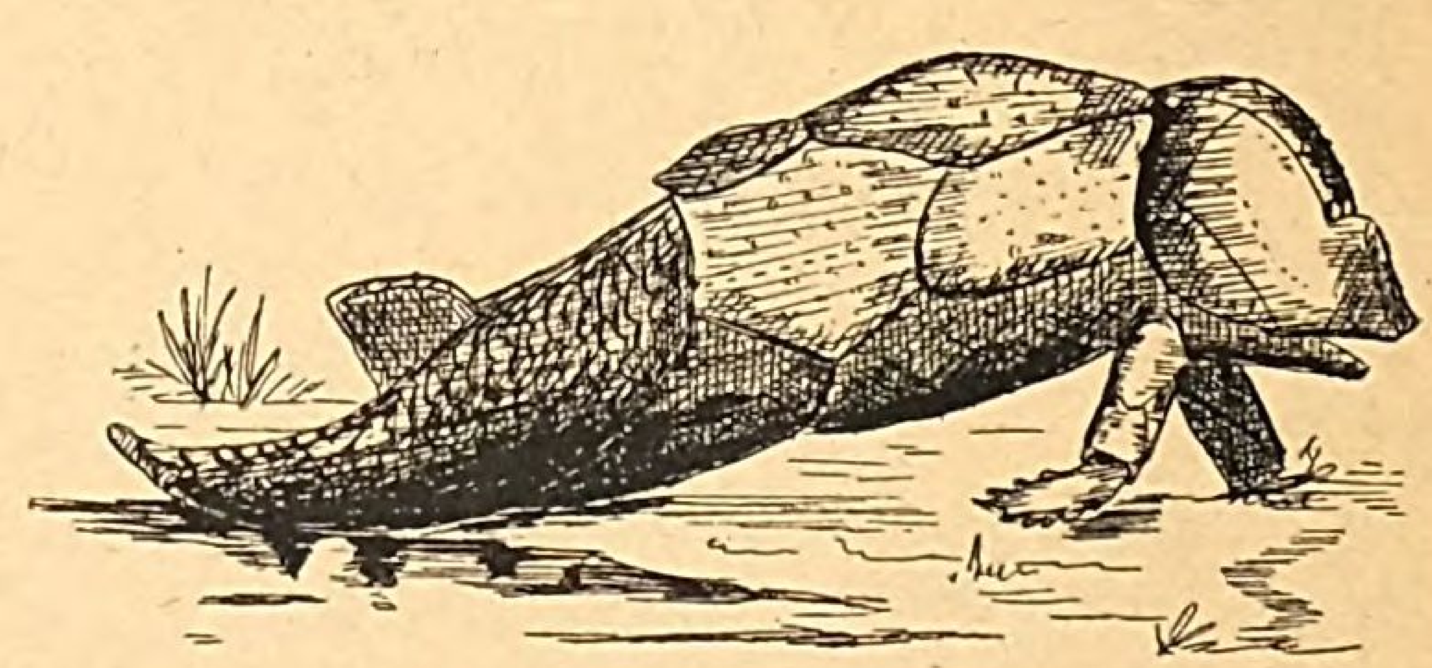
neben den mit großen Panzerplatten bedeckten, von denen eine ganz absonderliche Form unsere untenstehende Abbildung zeigt, auch schon Schuppenfische vor, die sogenannten Ganoiden, die vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte betrachtet, eine wichtige Rolle spielen.

Die am meisten genannte von allen Formationen ist die auf das Devon folgende Steinkohlenformation, auch Karbon genannt. Diese Formation zeichnet sich vor den ihr vorangegangenen älteren geologischen Abschnitten besonders dadurch aus, daß neben den Meeresablagerungen, die in jenen noch entschieden das Uebergewicht behaupteten, jetzt auch solche in reichem Maße vorkommen, die auf dem festen Lande entstanden sind. Die Meeresablagerungen sind aus mächtigen Kalk- und Thonschichten gebildet, in denen sich ein großer Reichtum an Seetieren findet, die indes mit den alten Formen des paläozoischen Zeitalters in engem Entwickelungszusammenhange stehen. Als Leitfossil tritt die Fusulina auf, die zu den Foraminiferen gehört, etwa von Erbsengröße ist und eine walzenförmige Gestalt hat. Großartig sind im Kohlenkalk die Seelilien entwickelt; dagegen verschwinden die Trilobiten gänzlich, und die Brachyopoden sind im Rückgange begriffen. Die Ammoniten, deren Vorläufer bereits im oberen Devon aufgetreten waren, erscheinen jetzt in bestimmterer Weise, wenn auch nur in wenigen neuen Formen. Muscheln und Schnecken gelangen zu immer reicherer Entfaltung, die Fische sind durch zahlreiche Haifischarten und Ganoiden vertreten, Knochenfische fehlen aber noch vollständig. In der Uferzone, die durchweg aus Konglomeraten, Sandsteinen und Grauwacken mit dazwischentretenden Schiefer-, Thon- und Kalkablagerungen zusammengesetzt ist, kommen vereinzelt Kohlenflötze vor; dagegen ist diese Zone auffallend arm an Versteinerungen.



Orthis hybrida.
Nach Neumayrs „Erdgeschichte".

Die oberste Gruppe der Steinkohlenformation besteht aus Sandsteinen mit dazwischen abwechselnd lagernden Schieferthonen und Kohlenflötzen. Diese letzteren haben sich aus der üppigen Flora entwickelt, die den sumpfigen Niederungen des damaligen Festlandes entsprossen ist. Die muldenförmige Anordnung dieser Kohlenablagerungen, die sich stets auf verhältnismäßig kleine Strecken verteilen, und der Umstand, daß die darin gefundenen organischen Gebilde durchweg Landpflanzen und Landtieren angehören, sprechen in bestimmter Weise dafür, daß diese Kohlenformation auf dem Lande durch Ablagerung in flachen Süßwasserbecken entstanden ist.



Pterichthys cornutus,
nach einer Rekonstruktion von Simroth, nach dessen Ansicht diese Fische nach Art der Seehunde der Gegenwart sich auf dem trockenen Lande mittels eines Paares Brustflossen fortbewegt haben sollen.

Wilhelm Bölsche hebt in seiner „Entwickelungsgeschichte der Natur" hervor, daß sich der Laie sehr häufig irrige Vorstellungen von der Steinkohlenformation macht, indem er einerseits annimmt, daß der ganze Erdball von einer geschlossenen Schicht von Steinkohle umhüllt sei, die in jenem Zeitalter sich gebildet habe, andererseits der Meinung ist, daß lediglich eben diese eine Formation alle je produzierte Kohle umschließe. Beides ist falsch. Die Gesteinsschichten, die man als Ganzes mit dem Namen der Steinkohlenformation belegt hat, enthalten nur an bestimmten Stellen Einlagerungen (Flötze) von Kohlen, allerdings vielfach sehr mächtige. An anderen Stellen verraten sich unverkennbar einfache Sedimentablagerungen des Meeres oder von Binnengewässern, die im Wesentlichen dem früheren devonischen gleichen. Keineswegs war etwa mit Beginn dieser Epoche plötzlich allenthalben Land mit üppigstem Pflanzenwuchs an die Stelle eines landfreien „Urmeeres" getreten. Der Wechsel von Festland, Binnenseen, Meeresbuchten und offener See, wie ihn uns das Cambrium schon verrät, die devonische Zeit aber bereits deutlich vor Augen

stellt, dauerte auch im Karbon gleichmäßig fort. Nur auf dem Festland, wenn auch wohl an seinen sumpfigen, wasserreichsten Stellen, ergrünten jene weiten Forste, die das Material zur Steinkohlenbildung liefern sollten. Die Epoche war aber so lang, daß selbst hier noch wieder tiefe Umwandlungen statthaben konnten: Das Süßwasser und bisweilen sogar das Meer eroberte die bewaldeten Strecken wiederholt, häufte seine Sedimente über die Pflanzenreste, zog sich dann wieder zurück und ließ abermals der Steinkohlenflora Raum, ein Vorgang, der sich da und dort auch noch wiederholte.

So entsteht ein reicher Wechsel der geologischen Gebilde sehr im Gegensatz zu der Vorstellung einer kompakten Kohlenschicht selbst an den Stellen der Formation, die als sogenanntes produktives Kohlengebirge ihr den Ruf und Namen verschafft haben. An zahlreichen Orten der Erde aber liegt ein echtes Steinkohlengebirge, das schlechterdings gar keine Kohlen enthält und auch nicht enthalten kann, da es im Meere abgelagert worden ist. Die beiden wichtigsten Meeressedimente der Steinkohlenzeit werden als Kohlenkalk (offenbar Ablagerungen des freien Meeres mit Versteinerungen von Meertieren in der Weise jener rheinischen Devonschichten) und Kulm (hauptsächlich wohl Absätze schlammiger Meeresufer mit entsprechender Tierwelt) unterschieden.

Was den zweiten Irrtum anbetrifft, so ist allerdings nicht zu leugnen, daß die Epoche, die nach der Steinkohle ihren Namen trägt, ungemein üppige Wälder erzeugt und — unter besonders günstigen, d. h. zur Verwandlung in Steinkohlen günstigen Bedingungen — an verschiedenen Orten eingesargt hat. Aber diese Sonderart geht nun keineswegs so weit, daß etwa die anderen Epochen der Erdgeschichte keinen üppigen Pflanzenwuchs besessen und keinerlei Kohle erzeugt hätten.

Wir finden Kohleneinlagerungen aus der Dyas-, Trias-, Jura- und Kreidezeit, die an verschiedenen Orten ausgebeutet werden. Im Tertiär, wo sich der Uebergang zur Braunkohle vollzieht, tritt uns sogar wieder eine Epoche entgegen, die den Namen „Kohlenformation“ ihren Charakter gemäß reichlich ebenso gut wie jene alte verdiente. Erwähnt mag noch sein, daß im uralten krystallinischen Schiefer Graphiteinschlüsse sich finden, die wahrscheinlich mit vollem Recht auf chemisch veränderte Kohlenlager (vielleicht Reste von laurentischen Meerpflanzen) gedeutet werden.

Interessant ist das Mißverhältnis, das in der Kohlenformation (mit dieser Bezeichnung ist hier die auf dem Festlande entstandene Formation dieses Zeitalters zu verstehen, die man auch wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung für den Menschen als die „Produktive Kohlenformation“ bezeichnet) zwischen der Flora und der Fauna besteht. Diese letztere tritt neben der ersteren vollständig in den Hintergrund, und animalische Versteinerungen gehören überhaupt zu den größten Seltenheiten. Von Bedeutung ist das Vorkommen von Insekten — Heuschrecken, Spinnen und Termiten — sowie von Skorpionen. Auch treten hier zuerst salamanderähnliche Amphibien auf; das Skelett derselben hat einige Verwandtschaft mit demjenigen der Fische, ihre Existenz bleibt aber auf das paläozoische Zeitalter beschränkt. Desto reicher ist die Flora an Zahl der Individuen, mit der indes keineswegs die Reichhaltigkeit an Formen Hand in Hand geht. Neben wenigen echten Nadelhölzern finden sich nur Kryptogamen vor, die auf die Formen der Schachtelhalme, Farnkräuter, Siegelbäume und Lepidodendren beschränkt sind.

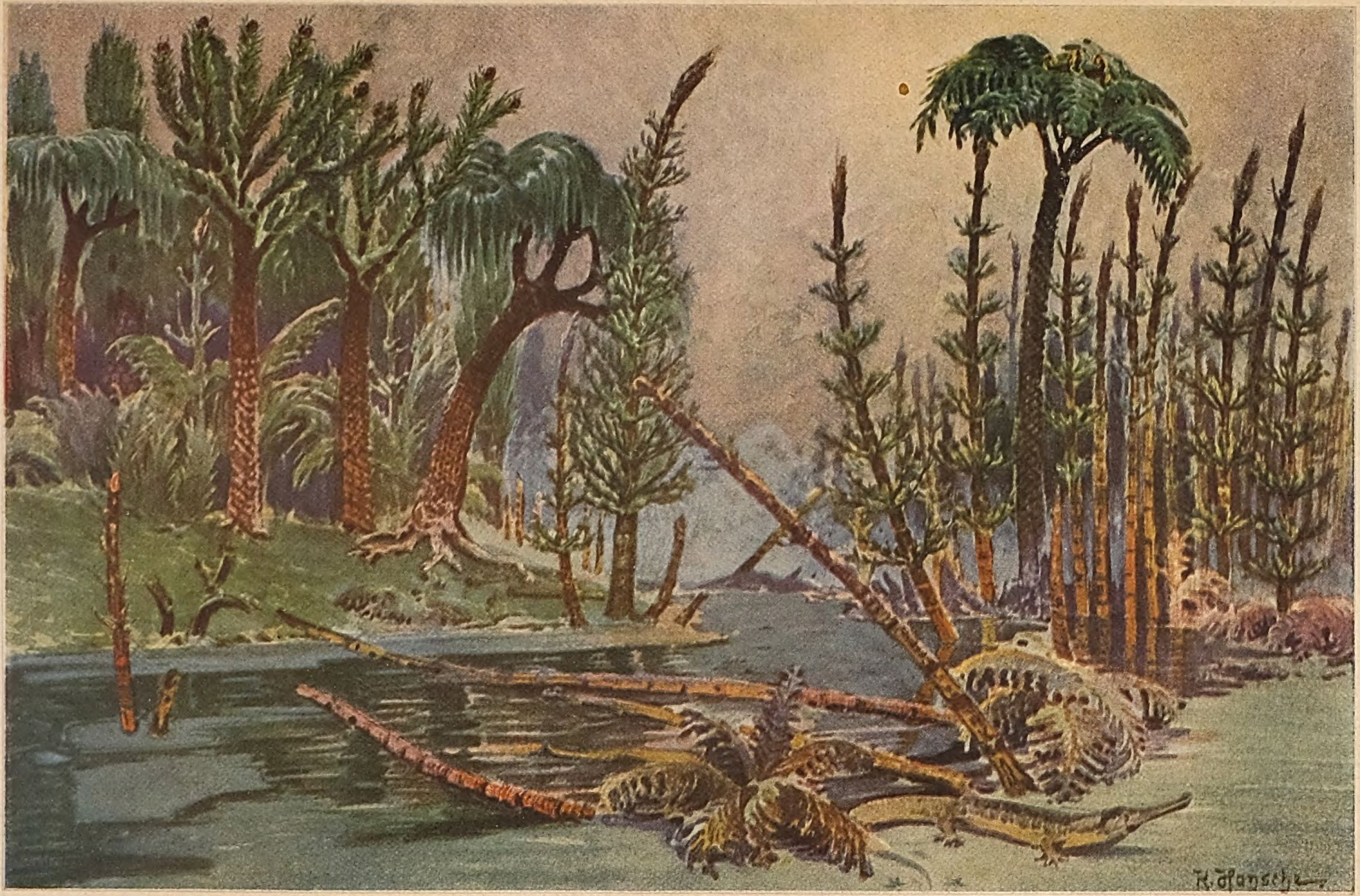
Unter Hinweis auf unsere bildliche Darstellung einer idealen Steinkohlenlandschaft lassen wir hier die Schilderung einer solchen folgen, wie sie Oswald Heer in seinem Werke „Die Urwelt der Schweiz“ giebt. Das Landschaftsbild dieses Zeitalters zeigt uns fast lauter blütenlose Bäume, die in ihrer Rindenbildung einen eigentümlichen Schmuck besaßen. Sie waren keineswegs größer als die Bäume unserer jetzigen Wälder; da sie aber Familien angehören, welche in der jetzigen Schöpfung bei uns nur niedrige Kräuter bilden, erhält diese Flora eine höchst eigentümliche, fremdartige Tracht. Die Fichten-, Tannen- und Laubhölzer, aus denen jetzt die Waldung besteht, fehlten, aber die Bärlappgewächse, die Farne und Schafthalme, welche jetzt im dunklen Waldesschatten als ihre zwerghaften

Epigonen an die Erde gebannt sind, erhoben sich damals zu Bäumen und wiegten ihr Blattwerk in den Lüften. Der Boden war feucht und morastig und stellenweise mit Wasser bedeckt. Auf diesem breiteten die Annularien und Sphenophyllen ihre zierlichen Blattwirtel aus, während die Stigmarienform der Sigillarien mit ihrem langen, vielfach verzweigten und verschlungenen Wurzelwerk große schwimmende Filze bildete, welche allmählich für die Calamiten und zahlreichen Farnkräuter zu Sammelplätzen wurden und auch die Sigillarien zu großen Stämmen aufwachsen ließen.

Diese Vegetation muß zwar üppig, aber sehr einförmig gewesen sein; sie war ja nur aus wenigen Pflanzenformen zusammengesetzt und es fehlte ihr der Schmuck der Blüten, die jetzt, den wunderbarsten Reichtum von Formen entfaltend, einen Teppich voll herrlichster Farben vor uns ausbreiten. Es liegt eine unendliche Schwermut auf diesem Bilde der Kohlenzeit, denn es fehlen ihm nicht allein fast alle Blütenpflanzen, sondern auch alle höheren Tiere; noch wiegten sich keine Vögel auf den Zweigen der Bäume und keine Säugetiere belebten das Dickicht des Waldes. Dazu kommt die schwüle, mit Dünsten erfüllte Luft, der heiße dampfende Boden, die lautlose Stille, die noch durch keine Töne belebter Wesen, nur durch das Plätschern des Regens und das Heulen des Windes in den Wipfeln der dunkeln, steifblättrigen Bäume unterbrochen wird. Die Erde war damals wahrscheinlich noch von einer dichten Wolkenhülle umgeben, da bei der hohen Temperatur des Erdbodens viel mehr Wasser in der Luft gewesen sein muß als gegenwärtig. Der ganze Charakter der Kohlenflora zeigt einen sumpfigen Boden und eine von Dünsten erfüllte Luft an, denn nur in feuchten tropischen Gegenden kommen die ihnen am nächsten stehenden Pflanzenformen vor. Beachtenswert ist, daß die Farnkräuter und Bärlappgewächse der Jetztzeit meistens im dunkeln Schatten der Wälder wachsen, also zu ihrem Leben der Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen weniger bedürfen als die Blütenpflanzen. Dasselbe war ohne Zweifel auch bei ihren Verwandten der Vorwelt der Fall, und da diese die Hauptmasse der Steinkohlenflora bilden, können wir sagen, daß diese auch bei immer bedecktem Himmel leben und gedeihen konnte. Die bis jetzt entdeckten Pflanzen des Steinkohlenlandes stimmen großenteils mit solchen des übrigen Europa überein. Wir finden sie wieder, nur viel mannigfaltiger und reicher entfaltet, auch in Nordamerika. Man kennt gegenwärtig mehrere hundert Arten von Steinkohlenpflanzen aus diesem Weltteile, von denen etwa die Hälfte auch in Europa sich findet, und die eigentümlichen Arten sind fast durchgehends nur Wiederholungen europäischer Formen. Noch wichtiger ist aber, daß uns zur Zeit der Steinkohlenbildung dieselbe Pflanzenwelt auch im hohen Norden entgegentritt. Die Steinkohlenflora, welche Prof. Nordenskiöld im Sommer 1873 in der Recherche-Bai Spitzbergens bei 77° 33′ n. Br. entdeckte, besteht fast zur Hälfte aus Arten, die uns aus Mitteleuropa bekannt sind.

Während die Kohlenbildung Spitzbergens der mittleren Stufe der Steinkohlenformation angehört, zeigt die südlicher gelegene Bäreninsel Pflanzenformen aus der ältesten Abteilung dieser Periode, und zwar solche, die auch aus dem Steinkohlengebirge der Vogesen und des Schwarzwaldes bekannt sind. Schuppenbäume, Knorrien und Calamiten sind sehr häufig, und im Schatten dieser Bäume standen großblätterige Farnkräuter. Mehrere dieser Arten des älteren Steinkohlengebirges wurden von Dr. A. Nathorst auch in Spitzbergen bei 78° 30′ nördl. Br. entdeckt, so namentlich der Veltheimsche Schuppenbaum. Aehnliche Verhältnisse scheinen auch auf den Parry-Inseln bestanden zu haben. Es sind dort an mehreren Stellen Steinkohlen entdeckt worden, und unter den wenigen Pflanzen, welche uns von dort bekannt geworden sind, befindet sich eine Art, welche auch auf der Bäreninsel und in der schlesischen Kohle gefunden wurde.

Die Erklärung der großen Gleichförmigkeit der Kohlenflora ist nicht schwer. Die Flora bestand ja allerwärts großenteils aus blütenlosen Gewächsen, welche ungemein kleine Samen besitzen. Diese werden gar leicht durch den Wind vertragen und entwickeln sich überall, wo sie günstige Lebensbedingungen antreffen. Es findet ja auch jetzt noch genau dasselbe statt. Die Flechten und Moose, aber auch die Farne und Schachtelhalme haben



Ideale Landschaft aus der Steinkohlenzeit.

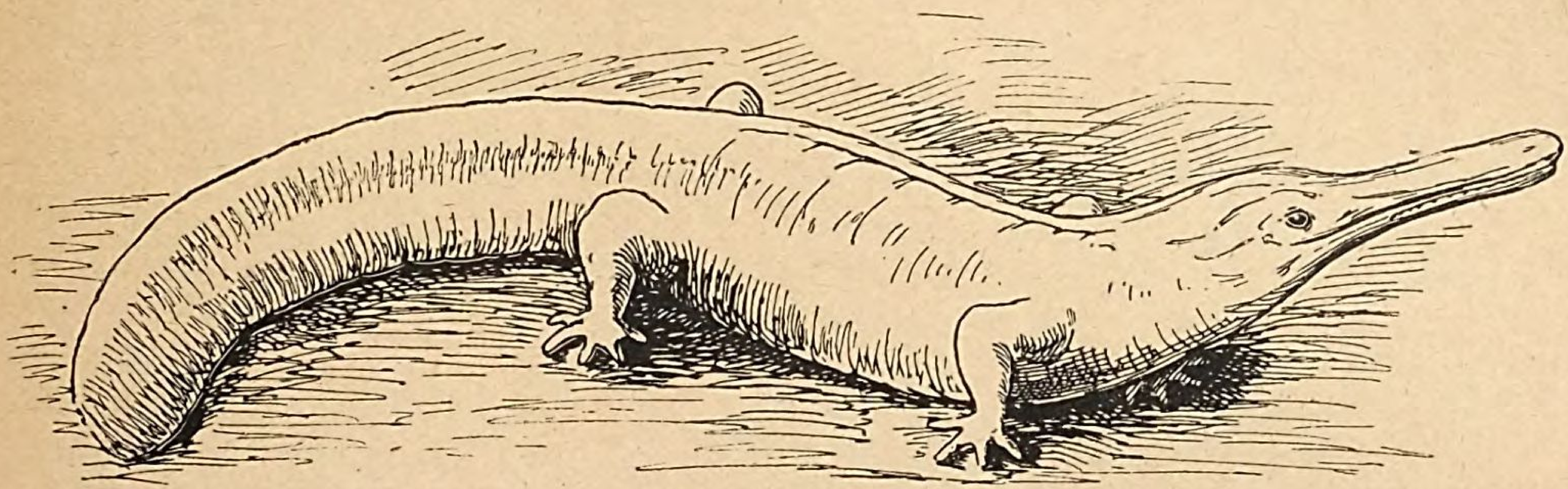
ungemein große Verbreitungsbezirke; manche sind fast über die ganze Erde ausgestreut. Wenn wir bedenken, daß (nach Ehrenbergs Ermittelungen) Infusorien und Diatomaceen vom Winde aus dem tropischen Amerika nach Deutschland vertragen werden, wenn wir sehen, daß die Samen des Weinrebenschimmels und des Kartoffelpilzes über ganz Europa und auch über die atlantischen und griechischen Inseln durch die Luft verbreitet wurden, wird es uns keineswegs unglaublich vorkommen, daß die Samen kryptogamischer Gewächse zur Steinkohlenzeit über ganze Weltteile ausgestreut wurden und so für die Kohlenpflanzen sehr große Verbreitungsbezirke geschaffen haben. Die Kryptogamenflora der amerikanischen Torfmoore ist auch gegenwärtig großenteils aus denselben Arten zusammengesetzt wie die Europas; allein ganz anders verhält es sich mit den zu den Blütenpflanzen gehörenden Sträuchern und Bäumen. Diese sind ganz verschieden; da aber zur Kohlenzeit die Holzgewächse zu den Kryptogamen gehörten, erstreckt sich diese Gleichförmigkeit der Vegetation beider Weltteile, welche jetzt auf die unscheinbarsten Gewächse beschränkt ist, auch auf die Bäume jener Zeit; denn auch sie hatten mikroskopisch kleine, vom Wind leicht vertragbare Samen, während die Blütenpflanzen durchgehend viel größere und schwerere Samen besitzen. Dazu kommt noch, daß der Ansiedlung neuer Pflanzen um so weniger Hindernisse im Wege stehen, je geringer die Zahl der konkurrierenden Pflanzenarten ist, mit denen sie sich in den Boden teilen müssen, und je kleiner die Zahl der Tiere, denen sie zum Unterhalt angewiesen sind, und auch in dieser Beziehung waren die Verhältnisse für die Bildung großer Verbreitungsbezirke zur Kohlenzeit viel günstiger als jetzt. Indessen wäre diese Gleichförmigkeit der Naturwelt nicht entstanden, wenn sie nicht durch klimatische Verhältnisse möglich gemacht worden wäre. Sie beweist, daß diese damals noch sehr gleichartig gewesen sind und die jetzigen Zonenunterschiede noch nicht bestanden haben, und zu demselben Schlusse führen auch die Tiere, welche in damaliger Zeit Land und Meer belebt haben. Soweit Oswald Heer.

Es drängt sich nun von selbst die Frage nach der Ursache dieser klimatischen Verhältnisse auf. Man hat geglaubt, dieselbe in einer Verschiebung der Richtung der Erdachse suchen zu sollen; diese könnte aber, falls man nicht eine sehr weitgehende Verschiebung annehmen will, nur die klimatischen Veränderungen in den Polargegenden, nicht aber den Umstand erklären, daß dieselbe Flora wie hier sich auch in weit tieferen Breiten findet. Ein französischer Gelehrter hat die Meinung ausgesprochen, daß sich die Sonne zur Zeit der Steinkohlenperiode selbst noch in einem frühen Entwickelungsstadium befunden habe, etwa in demjenigen, das mit der Lostrennung des Merkur vom Mutterkörper zusammenfiel. Träfe diese Ansicht zu, so hätte das Tagesgestirn damals einen Umfang besessen, der sich über einen ziemlich beträchtlichen Teil des Horizontes erstreckte, und man könnte annehmen, daß infolgedessen die Polargegenden, selbst zur Zeit ihrer Abwendung von der Sonne (während der in der Gegenwart dort eine fast halbjährige Nacht herrscht), des Tageslichtes nicht völlig oder doch nur während beträchtlich kürzerer Zeit als jetzt entbehren mußten. Allerdings wäre das Wärmevermögen und die Leuchtkraft der um so vieles größeren, darum aber auch weit weniger dichten Sonnenmasse relativ weit geringer gewesen. Dafür erschien aber der gewaltige Körper jeden Morgen viel früher am Himmel, tauchte jeden Abend viel später ins Meer, als dies bei der so gewaltig zusammengeschrumpften Sonne der Jetztzeit der Fall ist; die Tages- und Dämmerungszeiten der Polargegenden waren viel länger, die halbjährigen Winternächte derselben bedeutend abgekürzt. Trotz alledem ist es aber nicht wohl denkbar, daß die Wirkung dieser hypothetischen großen Sonne bedeutend genug gewesen sein kann, um dem heutigen Reiche des ewigen Eises den Charakter einer tropischen Sumpflandschaft zu geben. Die größte Wahrscheinlichkeit hat mithin immer noch die Annahme für sich, daß die Eigenwärme der Erde die Hauptursache der damaligen Gleichmäßigkeit der Temperatur gewesen, und daß durch die beständige dichte Bewölkung des Himmels und die fortwährende Sättigung der kohlensäurereichen Atmosphäre mit Wasserdünsten die Wirkung des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme abgeschwächt und ausgeglichen worden sei.

Die Steinkohlenflora verbreitete sich, soweit wir aus den bis jetzt der Erforschung erschlossenen Spuren derselben zu erkennen vermögen, über weite Gebiete der nördlichen Erdhalbkugel. Vom Herzen Europas, den Alpen, ausgehend, finden wir zunächst in der Schweiz nur ganz vereinzelte Inselchen. Das Massiv der Alpen war damals schon bis an die Oberfläche des Meeres gehoben, hatte jedoch nur den Charakter eines niedrigen Sumpflandes. Erst in Tyrol, Steiermark, Kärnthen finden wir in der Richtung der Alpen Steinkohleninseln von ähnlichem Charakter wie die schweizerischen, ebenso im Badischen und im Elsaß. Das Steinkohlengebiet Frankreichs grenzt im Süden unmittelbar an dasjenige der Schweiz. Wir finden in diesem Lande, dessen heutiges Centralplateau schon in silurischer Zeit als ein von zahlreichen Inselriffen umgebenes Urgebirge aus dem Meere emporragte, weit verbreitete Schichten von Kohlenkalk, der sich offenbar in der Tiefsee abgeschieden hat und über welchem sich später in seichtem Gewässer eine mäßige Sandsteinmasse absetzte. Erst nach dieser Periode tritt die Festlandformation der Steinkohle in flachen, sumpfigen, wiederholt vom Meere überfluteten Strandregionen zu Tage. Deutschland, Belgien und Mähren, auch Spanien und Portugal sind im Besitze ansehnlicher Kohlenbecken; arm an solchen ist dagegen, neben dem schweizerischen Centrum unseres Kontinentes, Italien. Das reichste europäische Kohlenland — im Verhältnis zu seinem Flächeninhalte — ist das großbritannische Inselreich.

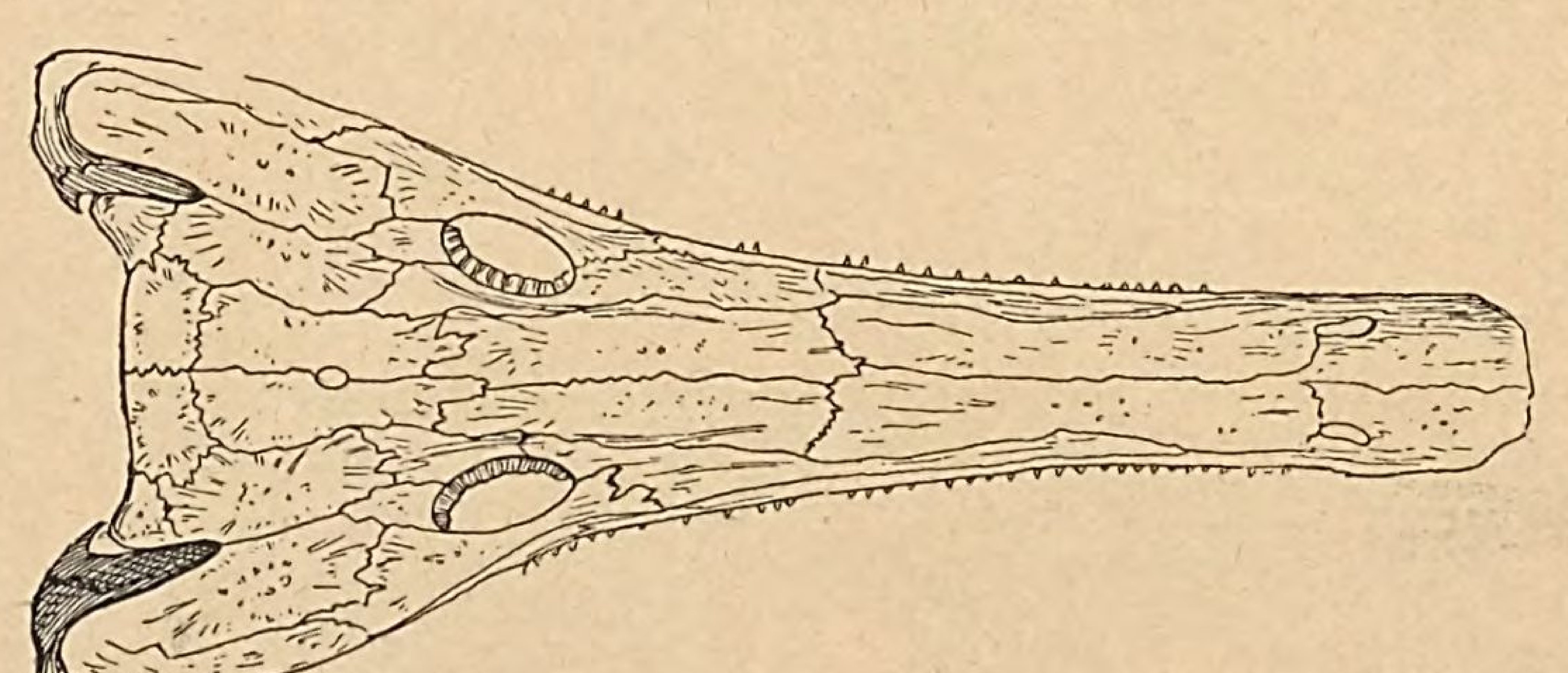
Um den Nordpol verbreitet sich das Steinkohlenland in einem geschlossenen Gürtel; Ausläufer dieses Urkontinentes von bedeutender Ausdehnung finden sich in Rußland und Nordamerika. Auch China besitzt ein Steinkohlenland von sehr großer Ausdehnung. Auf der südlichen Halbkugel sind bis jetzt nur in Südamerika, auf dem australischen Festlande und den Sunda-Inseln vereinzelte Gebiete der Steinkohlenformation vorgefunden worden. Durch Jahrmillionen hat die düstere, schweigsame, einförmige Steinkohlenlandschaft der Steinkohlenzeit bestanden; schließlich aber erstickte der Farnwald in seinem eigenen Fette. Diese Welt von Pflanzen überwucherte sich selbst und verwuchs zu einem unentwirrbaren Knäuel, der die Sümpfe ausfüllte, den Spiegel der Gewässer mit schwimmenden Inseln bedeckte und als Torfmoor einer neuen Pflanzenwelt zur Grundlage diente. Oscar Fraas schreibt über diese Moorbildung: „Obgleich in der Atmosphäre unter 2500 Kubikfuß Luft nur 1 Kubikfuß Kohlensäuregas enthalten ist, so hängt doch von der fortdauernden Anwesenheit dieses geringen Teils die Existenz und Fortdauer des Pflanzenlebens ab. Denn die Pflanze saugt gerade dieses Gas durch ihre Blätter und die Teile, die an der Luft sind, in sich ein. Wäre nicht stets für neue Zufuhr von Kohlensäure in die Luft gesorgt, so hätte die Gesamtvegetation der Erde, nach einer schätzungsweisen Berechnung, in 22 Jahren den vorhandenen Kohlenstoff konsumiert und wäre das Ende des Pflanzenwuchses da. Doch wird nie diese Katastrophe eintreten, indem die Pflanzen, sobald sie verbrennen oder verwesen oder verspeist werden, ihren Kohlenstoff wieder an den Sauerstoff der Luft abgeben und so in ihren ersten Zustand, den der Kohlensäure, zurückkehren. Mit Kohlensäure fängt der Kreislauf des Kohlenstoffes an, mit Kohlensäure hört er auf. Das gleiche Material cirkuliert immer, bald schwebt es in der Luft, bald bildet es den Körper der wachsenden Pflanze, bald den Tierleib, bald löst es sich wieder aus diesen Leibern, um die gleiche endlose Rundreise von neuem zu beginnen. Doch nicht alles wird der Luft wiedergegeben, was ihr durch die Pflanze entzogen wird. Ein Teil des Kohlenstoffes wurde von Anfang an zurückbehalten und wird seither jährlich als Reservefonds, wenn man so sagen will, zurückgelegt. Es sind die Pflanzen, die nach ihrem Absterben sogleich unter Wasser kommen und so durch Abschluß der Luft an dem Verwesen, d. h. an der Rückkehr zur Kohlensäure, verhindert werden. Aus Tausenden von Morgen, in zahllosen Morästen, Sümpfen, Weihern und seichten Seen werden alljährlich die Pflanzen (meist Moose und niederes Gestrüpp), die durch den neuen Jahrestrieb unter Wasser gesetzt werden, in Torf umgewandelt, d. h. in einen Zustand versetzt, in welchem die Pflanzenfaser infolge eines Gärungsprozesses einen Teil ihrer wässerigen Bestandteile verloren hat, und der Kohlenstoff teilweise in chemischer Verbindung mit Wasserstoff zurückgeblieben ist. Alljährlich wächst

oben an der Luft Pflanze nach, alljährlich häufen sich die unter Wasser gesetzten Pflanzenteile aufeinander, Torf wächst nach, Schichte um Schichte von oben nach unten, die unteren Lagen werden durch das Gewicht der oberen immer dichter und kompresser. So in den gemäßigten Zonen, überhaupt wo die Pflanze einen Winter und Sommer hat. In den tropischen Gegenden gehen ähnliche Erscheinungen vor sich, sobald Pflanzenreste unter Wasser gesetzt werden. Lyell eröffnet z. B. den Blick in die waldumkränzten Sümpfe im Mississippi-



Archegosaurus.

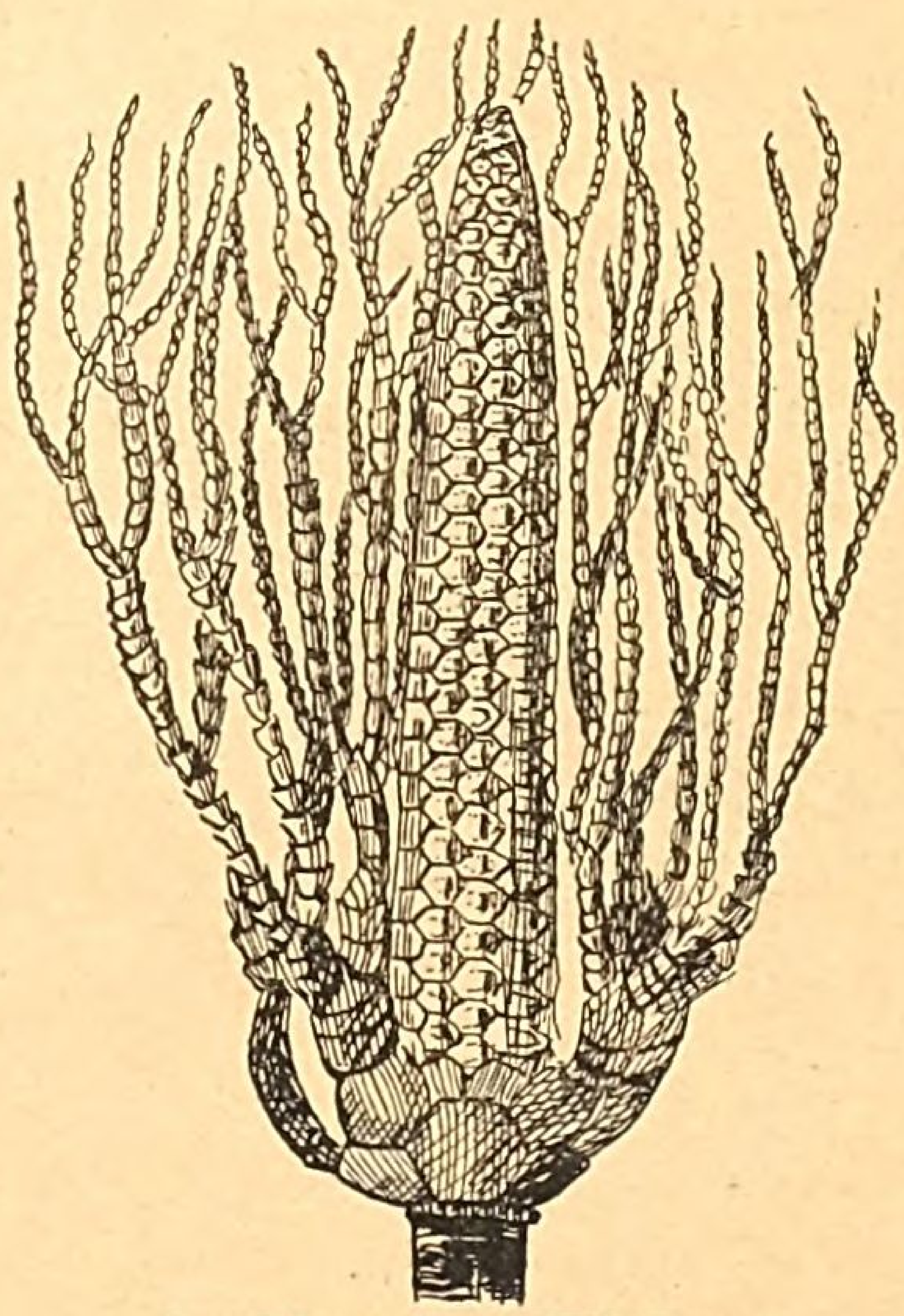
delta, in die dichte Schilfvegetation, in der sich das Wasser klärt, bis es zu den Flächen gelangt, in denen der Strom seit Jahrhunderten vegetabilische Massen absetzt, oder in die Cypressensümpfe Louisianas, wo sich abgestorbene Bäume und Halbwasserpflanzen in fußhohen Resten häufen, ohne daß irgend eine mineralische Verunreinigung des Kohlenstoffes stattfände. Auf andere Erscheinungen macht Abich aufmerksam, die auf den weiten Flächen Südrußlands beobachtet werden. Tausende von Seen sind dort durch Einbrüche in dem weit verbreiteten Bergkalk entstanden; es sind keine größeren zusammenhängenden Seen, die jene Gegend bezeichnen. Diese stillen ruhigen Wasser überziehen sich anfangs mit Wasserlinsen und Conserven (Grüntangen), bald sind sie überdeckt von Seerosen, Wasserklee und anderen Pflanzen, vom Ufer her strecken Büsche und Bäume ihre Wurzeln und Ausläufer hinein. Immer weiter greift eine geschlossene, dichte Vegetation vom Ufer her, nach Jahrzehnten ist das Wasser von Binsen und Gräsern, von Stauden und Sträuchern überdeckt, eine Art Unterholz fängt an zu wachsen, die Stellen, wo noch Wasser sichtbar ist zwischen den Pflanzen, werden immer seltener, und nach weiteren Jahrzehnten ist der See dermaßen überwachsen und vergessen, daß Wild und Menschen darüber gehen. Eines Tages aber wird die Decke dem Wasser zu schwer, sie reißt sich gewaltsam von den Uferrändern ab und versinkt in die Tiefe. Mit Verwunderung sieht der Mensch plötzlich wieder eine glatte Wasserfläche, wo gestern noch ein Krüppelwald gestanden. Einleuchten muß nun Jedermann, wie die niedergesunkene Pflanzendecke wohl auch mit manchem größeren Tier auf dem Grunde des Sees eine Schichte Pflanzenreste bilden wird, die unter dem Druck des



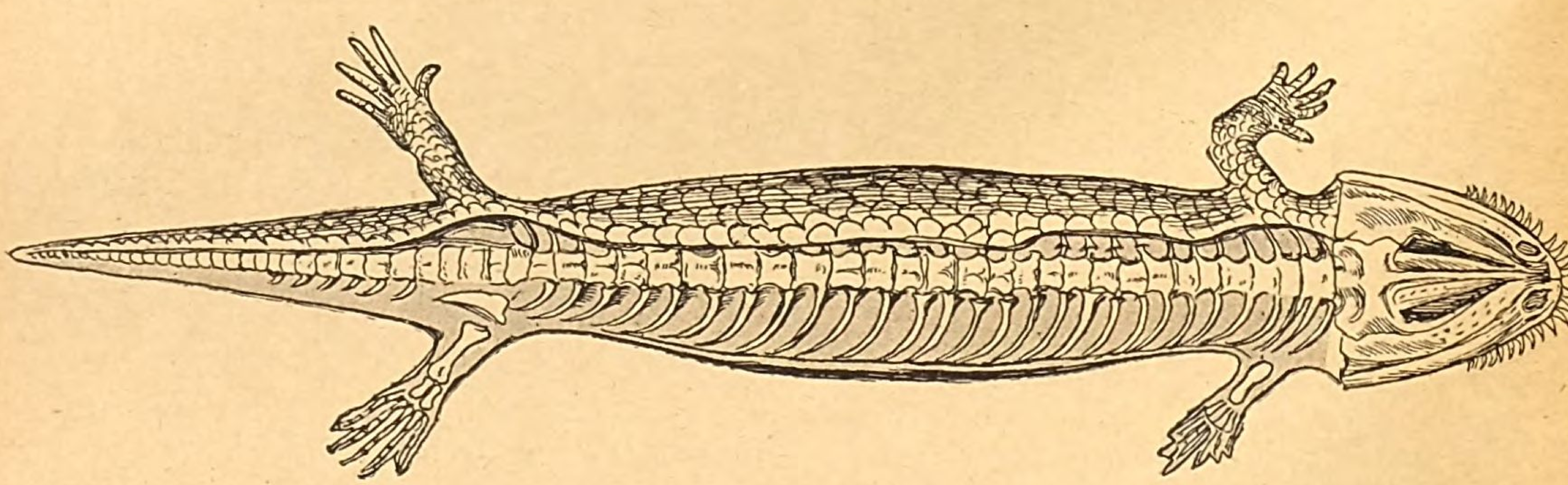
Schädel des Archegosaurus.

Wassers und später aufs neue wieder nachsinkender Pflanzen immer gedrückter und kompakter, schließlich zu einer Kohlenschichte werden muß.

Die Hauptbedingung der Torfbildung ist stagnierendes (stillstehendes) Wasser, das die Luft abschließt und dadurch verlangsamt, wobei der Kohlenstoff größtenteils im Boden zurückbleibt. Nach Saporta bedarf es auch einer gleichmäßigen, wenig hohen Temperatur, da es südlich vom 40. Breitengrade keine Torfmoore mehr giebt, ferner einer beständigen Feuchtigkeit, eines ebenen Bodens, wo die Gewässer von allen Seiten zusammenfließen können, eines undurchdringlichen Untergrundes, der die Wasser zurückhält und sie zwingt, beständige Ansammlungen von geringer Tiefe zu bilden, die einen regelmäßigen Abfluß haben und endlich Wasser, die keine schlammigen oder steinigen Ablagerungen mit sich führen. Es bildet sich Seekreide, die den Grund der Gewässer mit undurchlässiger Masse überzieht und dadurch die ruhig fortschreitende Bildung eines Niederschlages organischer Massen begünstigt. Ferner bedarf es zur Torfbildung der aus den verwesenden Pflanzen entstehenden sogenannten Humussäuren; endlich müssen auch die zur Torfbildung geeigneten Pflanzen vorhanden sein, aus der Luft die dazu erforderlichen Gasarten aufnehmen und verdichten und in ihren Organen den Kohlenstoff ablagern. Diese Bedingungen zur Torfbildung waren von jeher auf der Erde vorhanden, und es entstanden daher in allen Zeitaltern des Pflanzenlebens Torfmoore, wie wir sie auch jetzt noch sich bilden sehen. Natürlich sind mit den vorweltlichen Torfmooren im Laufe der ungezählten Jahrtausende, während deren sie in der Tiefe des Meeres und der Erde ruhten, infolge des Druckes der darüber lagernden Massen und der chemischen Zersetzung ihrer Substanz große Veränderungen vorgegangen; je nach dem Zeitalter, dem sie angehören, und dem Pflanzenmaterial, aus dem sie sich gebildet haben, wandelten sie sich in Schiefer-, Braun-, Steinkohle oder Anthracit



Lecithocrinus Eifolianus,
eine Seelilie aus dem Devon.



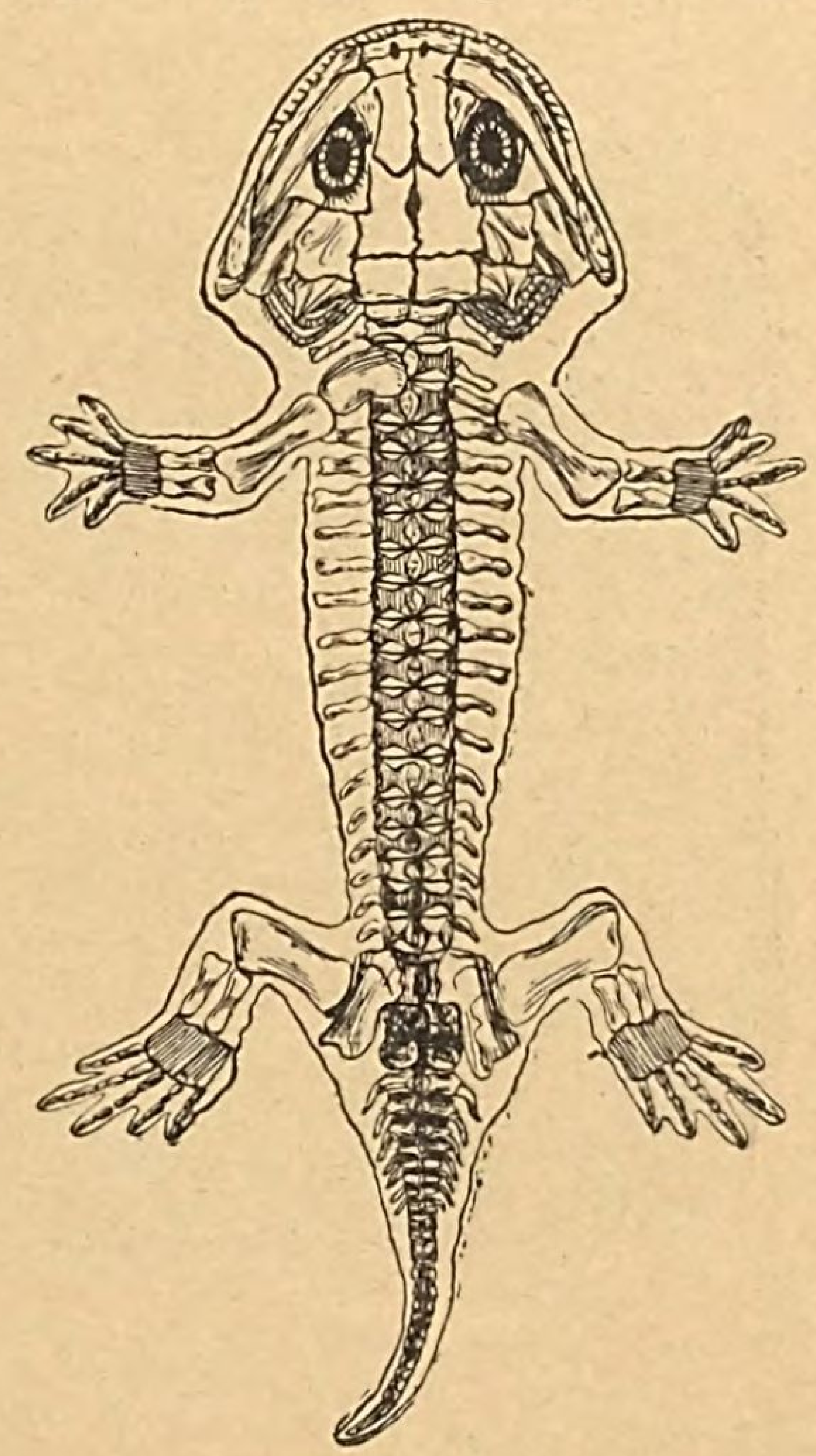
Fossiler Panzerlurch
aus der böhmischen Steinkohle.

um; aus dieser letzteren, ältesten Form der Steinkohle ist bereits der Sauer- und Wasserstoff bis auf geringe Spuren verschwunden.

Die Tierwelt der Steinkohlenzeit tritt auf dem festen Lande neben der Flora vollständig in den Hintergrund, dagegen weist die Meeresfauna einen großen Reichtum an

Individuen auf, die übrigens eine den alten paläozoischen Formen noch völlig nahestehende Entwickelungsstufe einnehmen. Den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichen die Seelilien, von denen die Abbildung auf S. 420 eine schon im Devon stark entwickelte Art zeigt. Muscheln und Schnecken sind in aufsteigender Entwickelung begriffen, in der Fischwelt treten außer zahlreichen Haifischarten nur Ganoiden auf.

Als ein entwickelungsgeschichtlicher Fortschritt der Steinkohlenzeit ist das erste Erscheinen geschwänzter, salamanderähnlicher Geschöpfe zu verzeichnen, die aber noch sehr an ihre Stammverwandtschaft mit den Fischen erinnern und schon im nächsten geologischen Zeitalter, der Trias, wieder aussterben. Man hat die ganze Gruppe dieser alten Amphibien unter der Bezeichnung Stegokephalen zusammengefaßt. Die Abbildung auf S. 420 zeigt einen solchen kiemenatmenden Panzerlurch aus der böhmischen Steinkohle nach Fritsch. Auch der Archegosaurus, dessen wunderliche Gestalt und krokodilähnlichen Schädel die Abbildungen auf S. 419 zeigen, dürfte bereits in der Steinkohlenzeit gelebt haben, obgleich die betreffenden Funde dem Schlußgliede dieses Zeitalters angehören, zu welchem wir jetzt übergehen wollen.



Branchiosaurus.

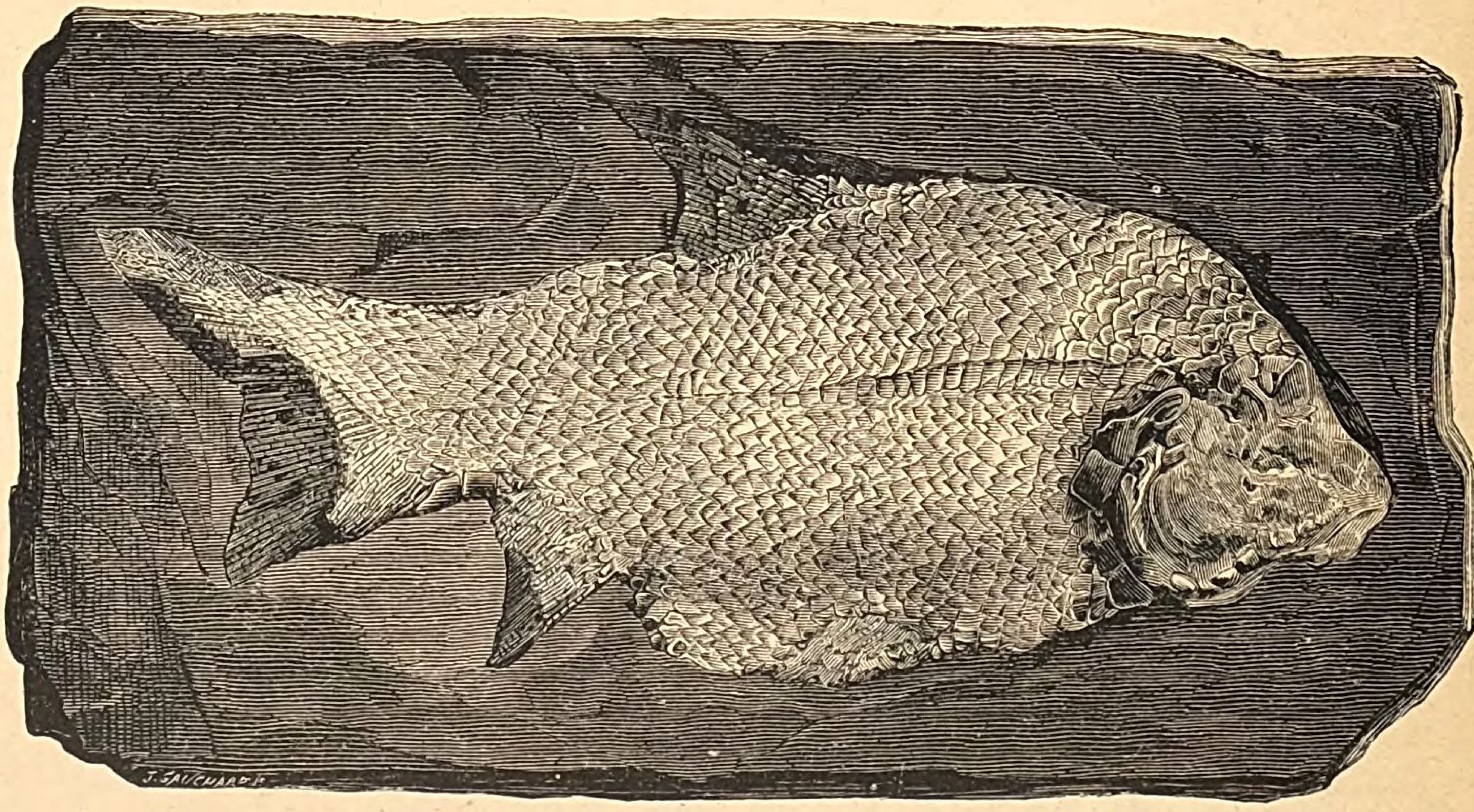
Das jüngste Glied des paläozoischen Zeitalters, die Permformation oder Dyas*), unterscheidet sich von der vorausgegangenen Kohlenformation hinsichtlich seines Gesteinscharakters und der organischen Einschlüsse desselben nur wenig. Die Ufer und Festlandsbildungen herrschen auch hier vor; doch nimmt die Lebewelt des Landes wie des Meeres merkwürdig an Reichtum ab und die ganze Formation hat auffallend wenig Versteinerungen aufzuweisen. Die echten Nadelhölzer treten an Stelle der Siegelbäume und Lepidodendren in den Vordergrund; von den Seetieren erreichen die Nautiliden und Trilobiten, sowie die paläozoischen Crinoiden und Korallen ihr Ende. Zum erstenmale treten echte Reptilien auf, die mit der noch lebenden neuseeländischen Brückenechse stammverwandt sind. Als in ihrer Blütezeit stehende Amphibienform ist der kleine, salamanderartige Branchiosaurus zu nennen.

Mit der Dyaszeit schließt, wie O. Fraas schreibt, die alte Geschichte der organischen Welt ab. Nicht überall auf der Erde hat diese Zeit Spuren hinterlassen, aber wo ihre Bildungen auftreten, sind sie so charakteristisch und bilden einen derart interessanten Ring in der Kette der Entwickelung, daß man auch der Geschichte gerne Beachtung schenkt. Sie charakterisiert sich im Wesentlichen durch ausgezeichnete Porphyrausbrüche, welche neues Material zur Schaffung von Gebirgen lieferten und auf Zeiten der Unruhe nach der langen Ruhe der Steinkohlenzeit hinweisen. Während die Steinkohlenzeit (wenigstens in ihren älteren Formationen) als Periode der Gleichartigkeit und Einförmigkeit über die ganze Erde hin gekennzeichnet ist, treten jetzt schon klimatische und topographische Unterschiede in den Formationen verschiedener Länder auf. An diesem Ort ist Festland, an einem anderen Binnensee, hier Meeresufer, dort hohe See, wonach sich jetzt die Weiterbildungen der Erdrinde modifizieren. In Deutschland, Rußland und England, in der neuen Welt, in Mexiko und Nebraska kommen wohl ausgeprägte Strand- und Uferbildungen,

*) Der Name Perm-Formation rührt von der russischen Landschaft Perm am Ural her, die aber keineswegs zweifellos dieser Formation angehörige Schichten führt; die Bezeichnung „Dyas“ bezieht sich auf die Doppelgruppe des Rotliegenden und des Zechsteines, aus der diese Formation besteht.

sowie ausgezeichnete Meeresbildungen infolge eines Sinkens des Bodens zur Geltung. Anderwärts, wo auf das Kohlengebirge unmittelbar Trias folgt, muß eine Festlandsbildung vorausgesetzt werden, die sich über die ganze Zeit der Dyas den Weiterbildungen entzog. In Deutschland (namentlich um den Kyffhäuser und die Wartburg) tritt eine Formation der Dyasgruppe, das Rot- oder Totliegende besonders mächtig und ausgebildet hervor. Das vorwaltend aus Eisenoxyd bestehende rote Pigment, das vielfache Auftreten von Konglomeraten, der immer wiederholte Wechsel in der Größe des Korns seiner Gesteine, die häufige Association mit Porphyren und Melaphyren, die so gewöhnliche Einlagerung von Thonstein und Porphyr-Konglomerat und die große Armut an organischen Resten sind die Eigenschaften, durch welche sich das Rotliegende als eine Bildung beurkundet, deren Entwickelung gleichzeitig mit porphyrischen Eruptionen vor sich ging oder doch gleichzeitig mit Ereignissen, wie sie dergleichen Eruptionen nachzufolgen pflegen.

Haben wir es hier mit Land- und Strandbildungen zu thun, so ist die nächst jüngere Schicht, die des Zechsteines, jedenfalls eine Schöpfung des Meeres, entstanden durch

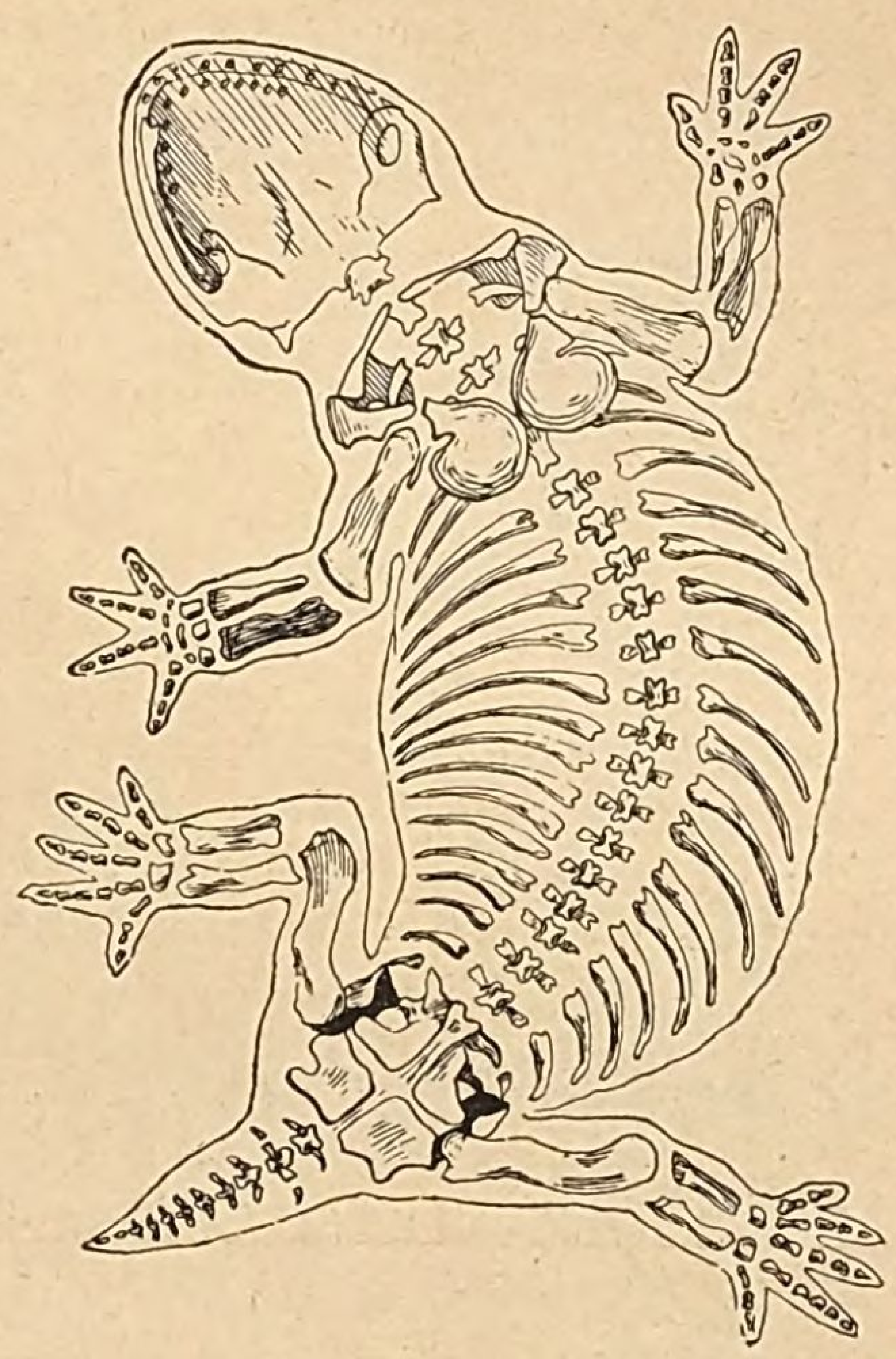


Palaeoniscus,
Fisch aus dem Kupferschiefer der Trias.

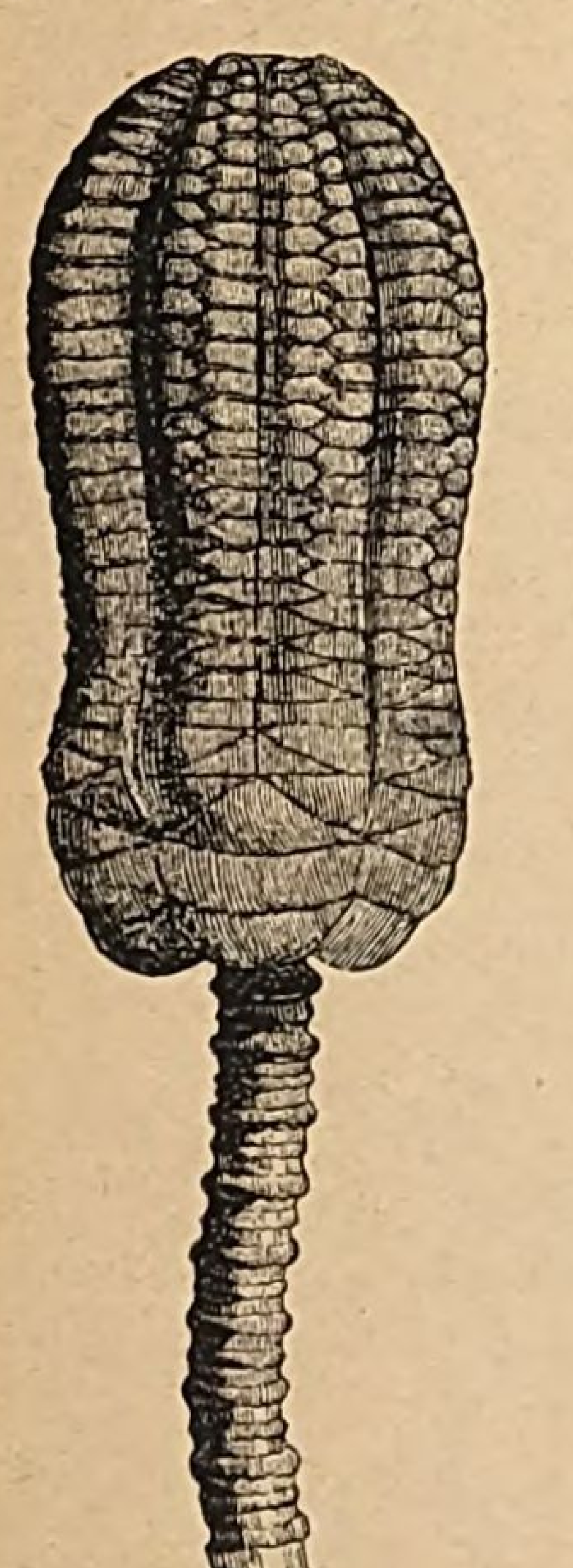
Senkung des Bodens. Die untere Abteilung des Zechsteines birgt Kupfer, die obere Steinsalz. Das Kupfer ist in Gestalt von Kupferkies, Kupferglanz und Buntkupferkies in kaum sichtbar feinen Teilen einem bituminösen Schiefer mitgeteilt, der voller Fische steckt, ein unumstößlicher Beweis, daß das Erz in wässeriger Lösung den Schichten während ihrer Bildung im Meerwasser mitgeteilt worden ist.

Die Fauna der Dyaszeit besteht aus Seetieren, die den letzten Formen dieses ersten Weltalters angehören. Wir finden hier als zum erstenmal auftretende charakteristische Molluskenform die Bryozoen. Diese zarten, kolonienbildenden Mollusken gleichen flechtenartigen Moosen mit vielfach verästelten Stämmchen und überziehen wiesenähnlich die unter Wasser liegenden Uferfelsen mit einem dichten, straffen Rasen. Die lebenden Tiere spielen gleich den Korallen und Aktinien in allerlei Farbentönen, und siedeln sich am liebsten da an, wo Klippen von frischem Wasser umspült werden, oder auf dem Boden von Rinnsalen, in denen das Strandwasser bachartig hin- und herrollt. In der Regel hat sich, gleich Herden auf fetten Weideplätzen, ein zahloses Heer winziger Kruster, Anneliden und Schnecken auf diesem Rasen festgesetzt.

In Australien charakterisiert sich der Ausgang des paläozoischen Zeitalters in ganz eigentümlicher und bedeutsamer Weise. Die Landflora der australischen Kohlenformation zeigt in ihren jüngeren Schichten eine eigentümliche Abweichung von derjenigen der nördlichen Erdhälfte, und da sich dieselbe auch in Vorderindien und bis nach Afghanistan hinein, ferner im südlichen Afrika und in Südamerika bis tief nach Brasilien hinab vorgefunden hat, so glaubte man aus dieser Erscheinung auf das Vorhandensein eines großen Festlandes in jenem geologischen Zeitalter schließen zu dürfen. Man hat es nach einer geologischen Stufe Vorderindiens als Gondwanaland bezeichnet. Charakteristisch für diese Steinkohlenflora der südlichen Halbkugel wird eine „Glossopteris“ genannte Laubfarngattung angesehen, und nach dieser hat man sie in ihrer Gesamtheit als Glossopteris-Flora bezeichnet und will in ihr eine Anpassungsform erkannt haben, die hervorgerufen wurde durch eine zu jener Zeit eingetretene namhafte Temperatur-Erniedrigung. Die Gondwanastufe zeigt nämlich auch Schichten, in denen zwischen zartem Thon und feinkörnigem Sandstein wild durcheinander geworfene Gesteinstrümmer verschiedenster Herkunft mit Blöcken von ansehnlicher Größe — bis zu 30 Tons Gewicht — eingebettet sind, und diese Erscheinung glaubt man mit einer „Eiszeit“ in Zusammenhang bringen zu sollen, die zu jener Zeit die südliche Halbkugel in ähnlicher Weise heimgesucht hat, wie dies zu Ende der Tertiärzeit auf der nördlichen Erdhälfte geschehen ist. In der Uebergangszeit von der Perm-Formation zur Trias ist die Glossopteris-Flora auch im Norden aufgetreten, und auch in der Tierwelt hat sich hier, namentlich im mittleren Europa und in England, ein Umschwung geltend gemacht, der sich auf eine Wandlung der physikalischen Verhältnisse in jener Zeit zurückführen ließe. Auch an Spuren, die sich auf eine Eis- und Gletscherwirkung deuten lassen, fehlt es nicht in den der Permzeit angehörigen Formationen in Thüringen und England, so daß die Vorgänge, deren oben mit Bezug auf die südliche Halbkugel gedacht worden ist, vielleicht über die ganze Erde sich verbreitet haben.



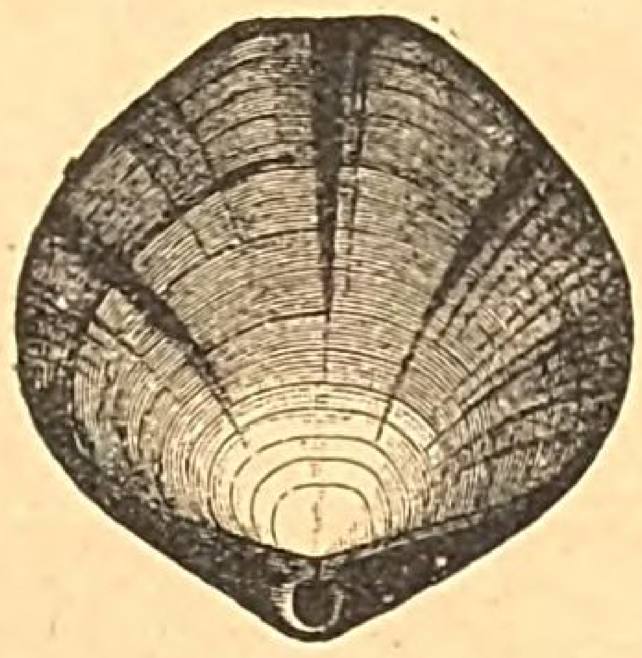
Labyrinthodon.



Encrinus liliiformis, Seelilie aus der Tertiärzeit. (Aus Neumayrs „Erdgeschichte“.)

Der Uebergang vom paläozoischen zum mesozoischen Zeitalter, der Sekundärzeit mit den drei Formationsgruppen der Trias-, Jura- und Kreidezeit, hat sich zwar ebenso, wie dies im Verlaufe der ganzen Entwickelungsgeschichte der Fall war, ganz allmählich vollzogen, so daß die beiden Zeitalter vollständig in einander übergehen, allein im Verlaufe des mesozoischen Zeitalters hat die Entwickelung eine raschere Gangart angenommen, so daß die Veränderungen, die sie bewirkte, die Ausgestaltung der organischen Welt von derjenigen der paläozoischen Zeit erheblich entfernte, derjenigen der Gegenwart dagegen merklich näher rückte. Von der niederen Tierwelt bleibt ein ansehnlicher Bestand erhalten, aber an Stelle der ausgestorbenen Arten tritt eine große Zahl neuer auf, und daneben völlig neue Gruppen von höherer Entwickelung. In der Pflanzenwelt überwiegen die Nadelhölzer

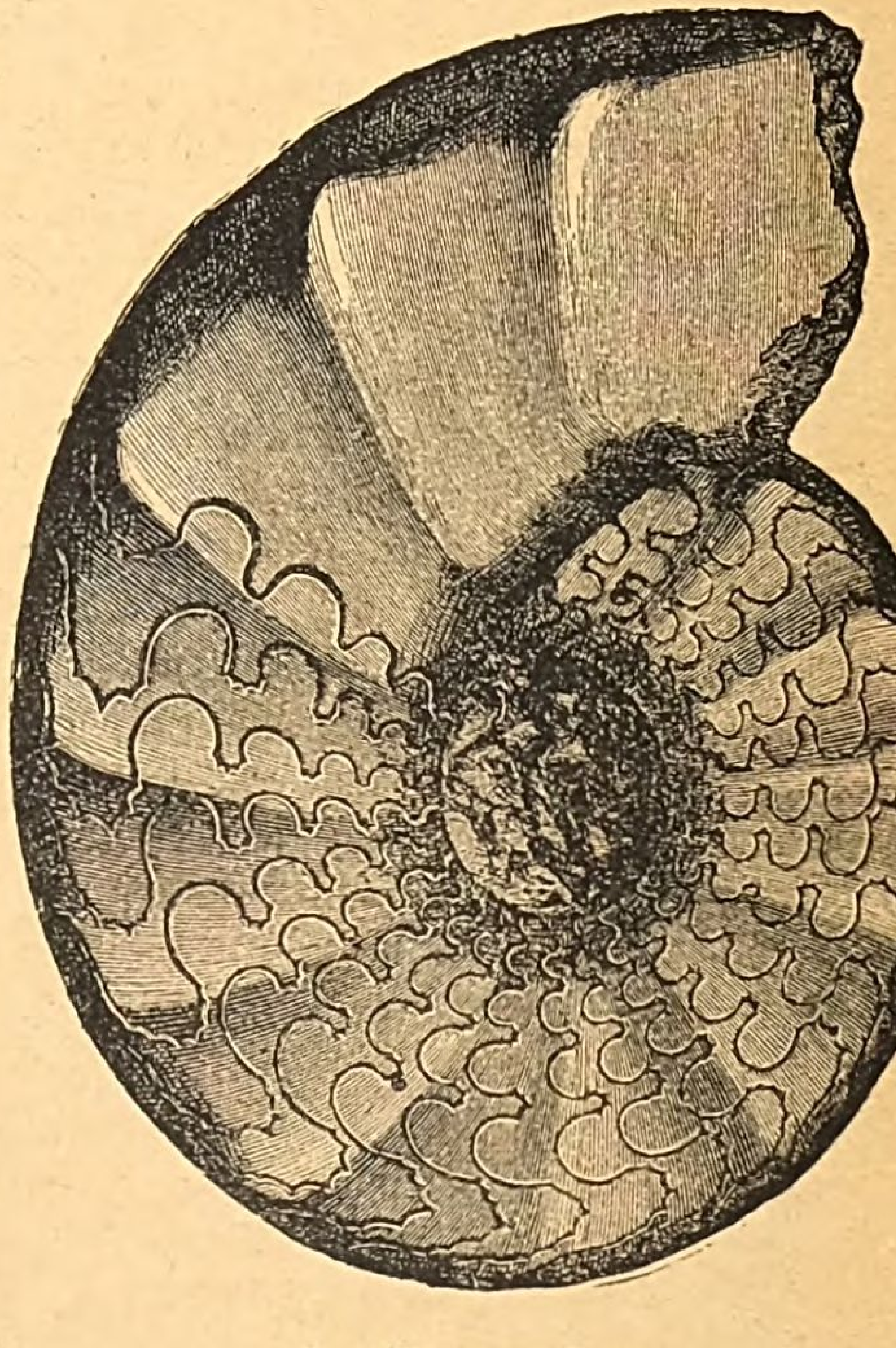
und es treten die ersten Laubhölzer auf. Die paläozoischen vierstrahligen Korallen weichen den sechsstrahligen, die Crinoiden den Seeigeln, die Nautiliden den echten Ammoniten und Belemniten, die Trilobiten werden durch echte Krebse ersetzt und in der Klasse der Fische, die sich zu großem Formenreichtum entfaltet, treten jetzt auch die Knochenfische auf. Charakteristisch für das Zeitalter ist die reiche Entwickelung der Reptilien, aus denen sich eine geflügelte Gruppe ausscheidet, die den Urstamm der Vögel bildet. Auch treten bereits die ersten Säugetiere auf.



Terebratula vulgaris.

Die älteste Formationsgruppe dieses Zeitalters ist die Trias, so genannt wegen ihrer dreifachen Teilung in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper. In Deutschland ist diese Formationsgruppe die verbreitetste; hier muß zur Triaszeit ein flaches Küstenland bestanden haben, dessen Gestalt schon durch geringe Hebungen und Senkungen des Bodens in der Weise geändert werden konnte, daß sich bald seichte Meere bildeten, bald große Binnenseen abgeschnürt wurden, in denen sich Sedimente von sehr verschiedener Beschaffenheit niederschlugen. Das jetzige Alpenland lag aber damals tief auf dem Meeresgrunde, wofür die fast ausschließlich aus Kalken und Mergeln bestehenden Schichten mit ihrer ausgesprochenen marinen Fauna zeugen.

Die älteste Schicht der außeralpinen deutschen Trias besteht aus einer Sandsteinablagerung von 3—400 m Mächtigkeit und außerordentlich gleichmäßiger Beschaffenheit. Dieser Buntsandstein ist in der Regel eisenhaltig und daher rot gefärbt. An organischen Einschlüssen ist der Buntsandstein sehr arm; nur wenige Pflanzenreste, so wie die Fußspuren riesiger Stegokephalen, einer Mittelform zwischen Amphibien und Reptilien, als deren bedeutendste Vertreter die Labyrinthodonten und Mastodonsaurier zu nennen sind, zeugen für das Vorhandensein organischen Lebens. In den obersten Schichten des Buntsandsteins werden aber Muschelabdrücke sehr häufig und vermitteln den Uebergang zu der nächst jüngeren Formation des Muschelkalkes. Man nimmt an, daß der Buntsandstein das Ergebnis einer ausgedehnten Dünenbildung sei, die unter dem Meeresspiegel in Sand- und großartige Muschelbänke sich umwandelte, auf denen besonders die glatten Arten der Trigonien*) die sogenannten Myophorien die wichtigste Rolle spielen. Von jener Crinoidenart, dem Encrinus liliiformis, aus dessen Stilgliedern der Crinitenkalk gebildet ist, war bereits an anderer Stelle die Rede. Aus den Schalen der Terebratula vulgaris, einer Brachyopodenart, sind ganze Schichten zusammengesetzt. Auch eine Ammonitenform, Ceratites nodosus, ist für die deutsche Trias charakteristisch, und Leopold von Buch soll deshalb scherzweise vorgeschlagen haben, diesen Ammoniten in das



Ceratites nodosus.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte".)

*) Trigonien heißen Muscheln von fast dreieckiger Gestalt, die in der Jurazeit zu ihrer höchsten Entfaltung gelangten, jetzt aber nur noch an den Küsten Australiens in drei Arten erhalten sind.

deutsche Wappen aufzunehmen. Die Insektenwelt ist bis zu ihrer obersten Entwickelungsform, den Käfern, vorgerückt. In Süddeutschland haben mächtige Salzstöcke ihre Entstehung diesem Abschnitte des mesozoischen Zeitalters zu verdanken; sie finden sich hauptsächlich im mittleren Teile des Muschelkalkes.

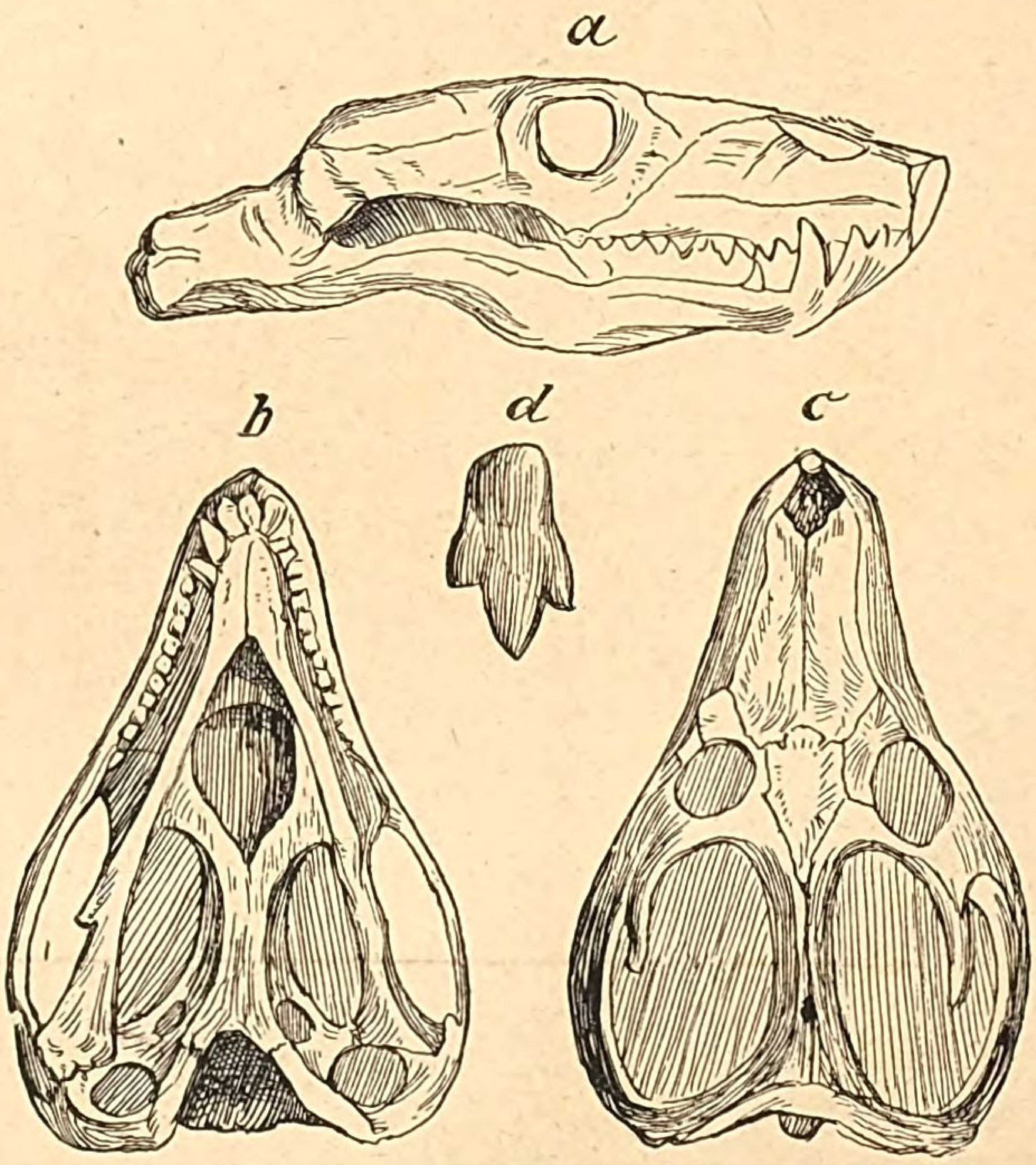
Der **Keuper** entstand unter dem Einflusse beträchtlicher Bewegungen des Bodens,



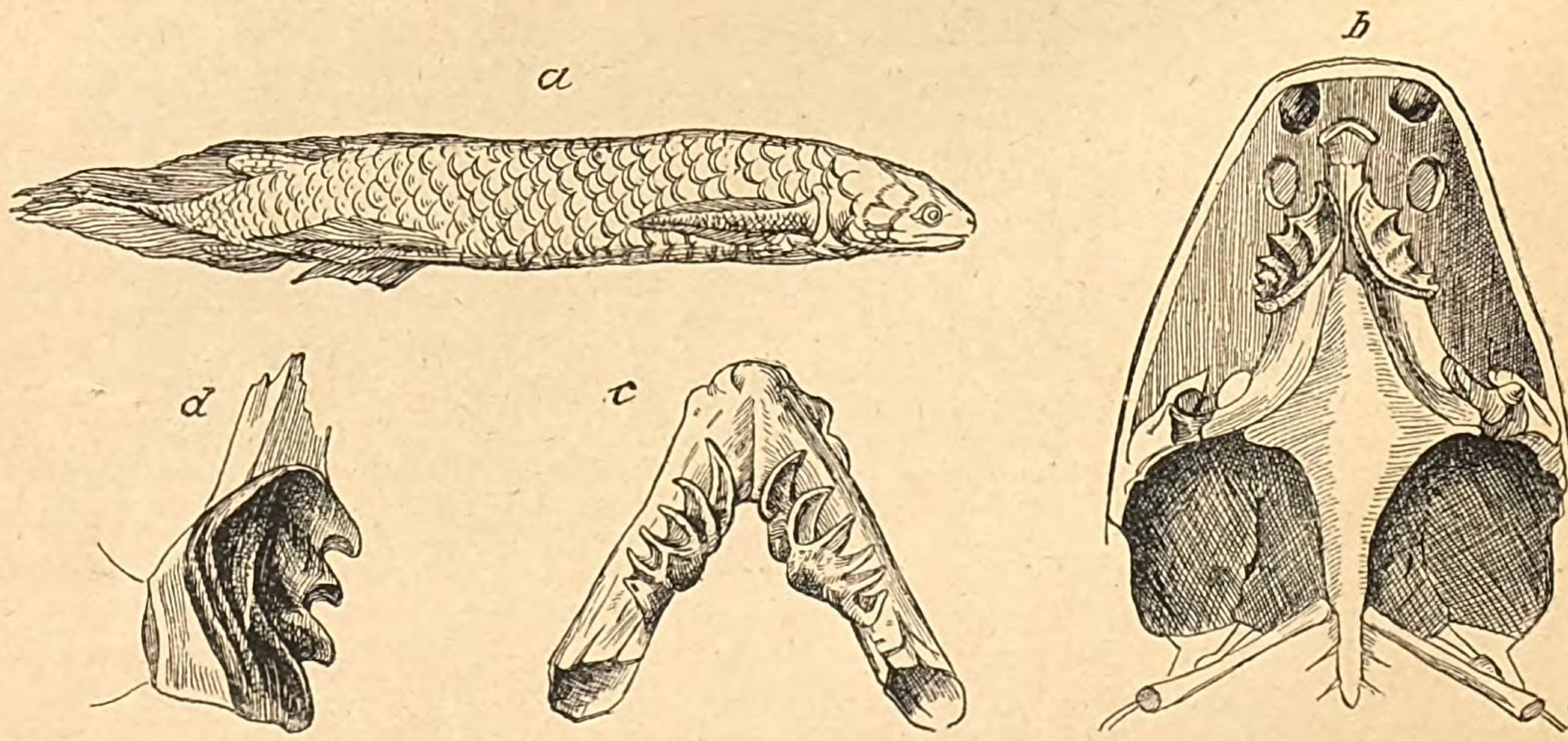
Vegetationsbild aus der Keuperperiode.

durch die das offene Meer zurückgedrängt und die Bildung von Lagunen und weiten Binnenseen ohne Abfluß gebildet wurde. Die Keuperschichten sind durch buntesten Wechsel der Ablagerungen charakterisiert, aus denen sie sich gebildet haben und gehören im Ganzen zu den terrestrischen (auf trockenem Lande entstandenen) Bildungen. Die Binnenmeere ent-

hielten Salzlösungen bis zur Uebersättigung und waren daher ungeeignet zur Wohnstätte von Seetieren, so daß sich hier nur spärliche Reste von Landtieren finden, die vom Lande hergeschwemmt wurden. Schachtelhalme und Cykadeen waren die besonders hervorragenden Vertreter der im Ganzen reich entwickelten Pflanzenwelt, deren Typen unser Landschaftsbild auf S. 425 zeigt. Von den Sauriern, die schon in der nächstfolgenden Formation ihren Untergang finden, treten die fleischfressenden Dinosaurier besonders hervor, von denen das Zanclodon, das im Stuttgarter Keuper 1847 zum erstenmale gefunden wurde, die gewaltige Größe von 5 m erreichte. Die Zehen dieser Tiere (3—5 an der Zahl) sind mit scharfen gekrümmten Krallen versehen und weisen ebenso wie die gleich Messerklingen gekrümmten Zähne derselben auf ihre Raubtiernatur hin. Die Hinterbeine übertreffen an Länge bei weitem die Vorderbeine; sie sind steil gestellt und geknickt, so daß sie diesen Tieren eine derjenigen der Känguruhs ähnliche, springende Vorwärtsbewegung in aufrechter Stellung ermöglichten. Auch der Stützschwanz nach Art der Känguruhs fehlte nicht. Auf dem langen Halse saß ein verhältnismäßig kleiner Kopf. Diese Tierform erstreckte sich auch noch über die Kreidezeit und erreichte in der Jurazeit ihre mächtigste Ausgestaltung. Der

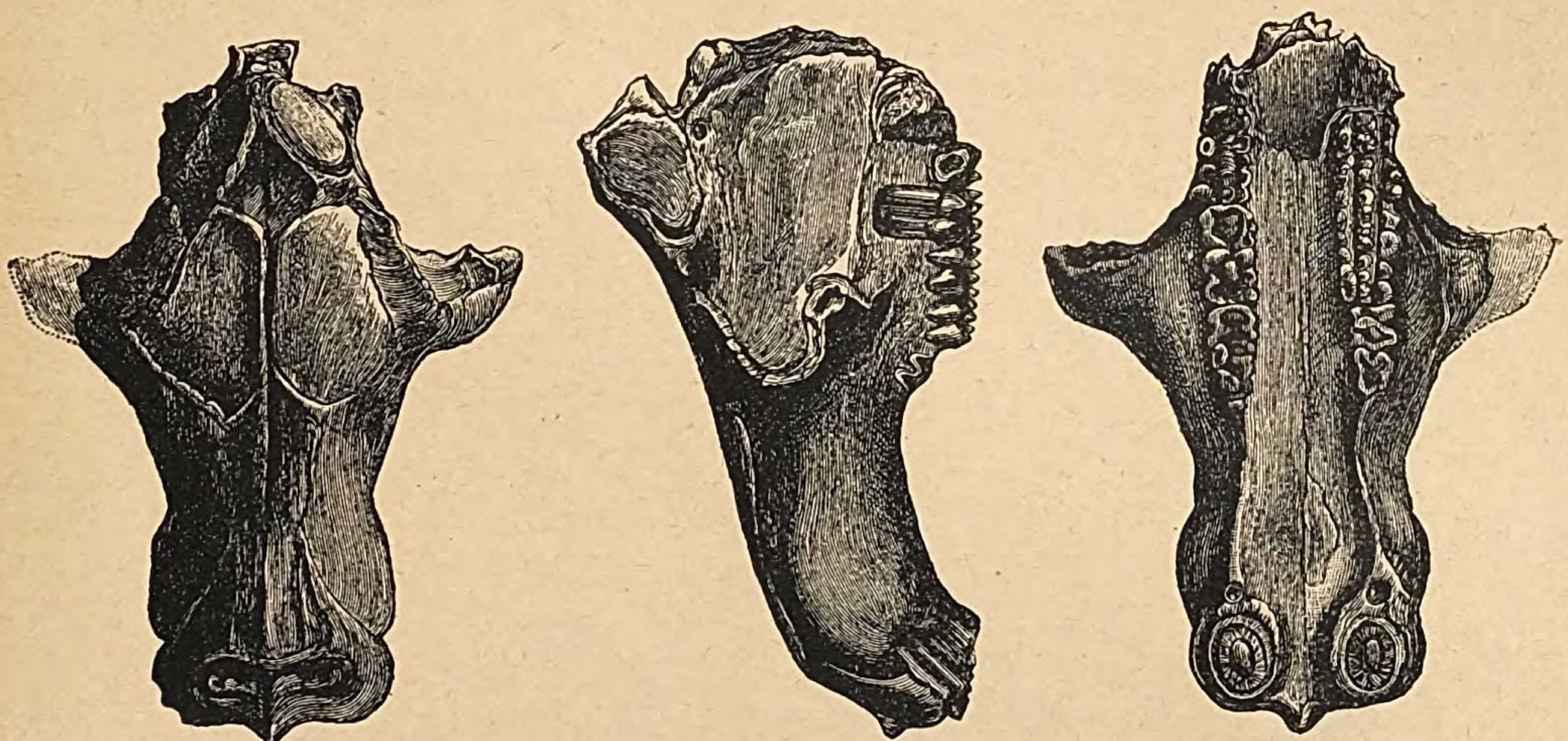


Theromoren-Schädel,
aus der Trias Karoo-Formation, von Südafrika.
a. Rechtsseitige, b. untere, c. obere Ansicht, d. Backenzahn.



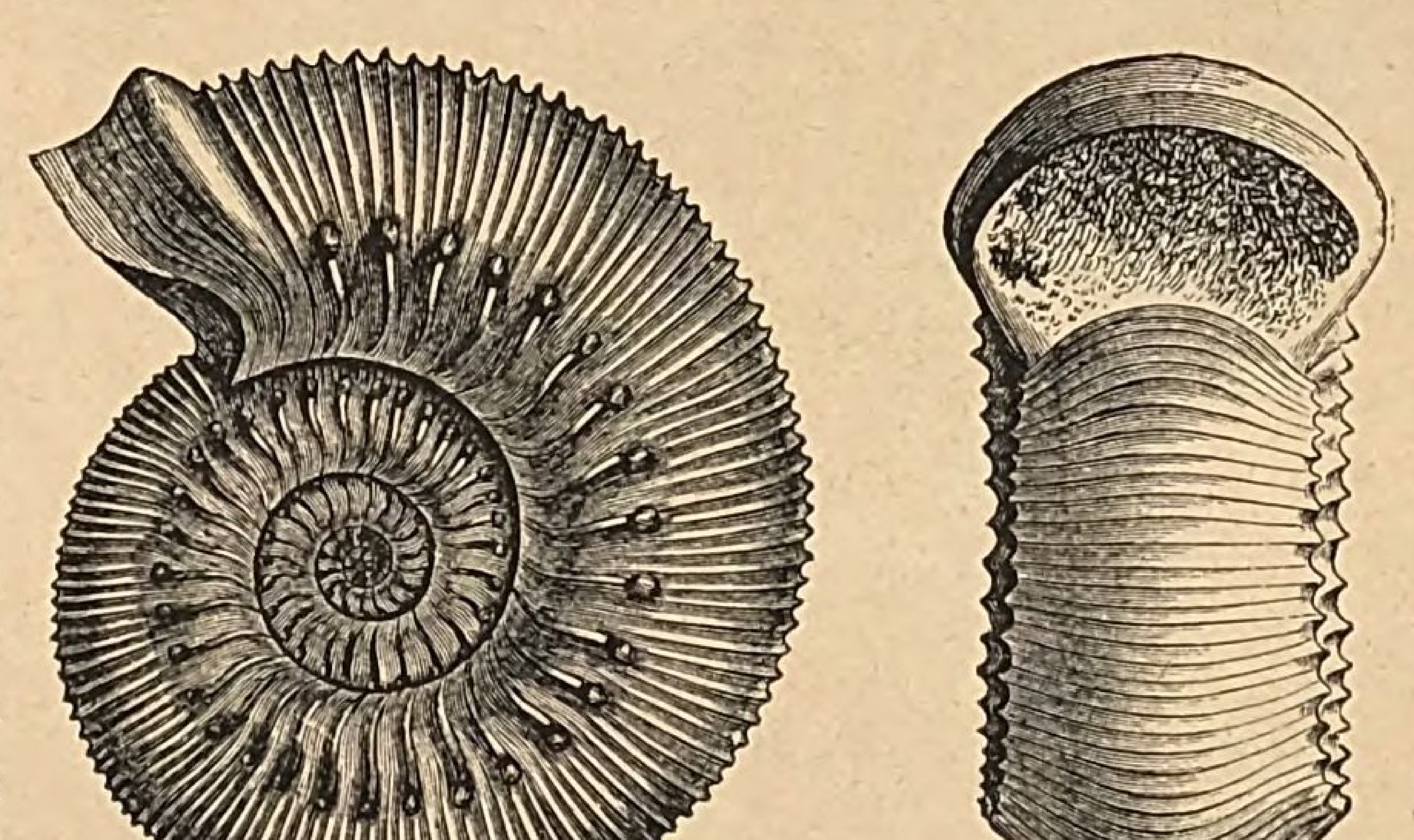
Lurchfische (Dipnoi).
a. Australischer Lurchfisch. b. Unterkieferzahn des Schädels dieses Fisches. c. Unterkiefer desselben. d. Unterkieferzahn des Ceratodus.

Oberschenkelknochen allein war von Meterlänge, und aus diesen und den sonst noch vorgefundenen Resten dieses Tieres glaubt man schließen zu können, daß dasselbe bis zu 16 m



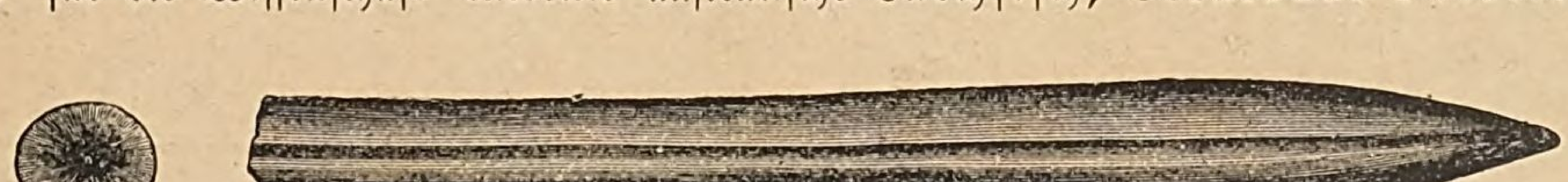
Schädel vom Tritylod,
einem Säugetier aus der Trias von Südafrika.

Länge erreicht hat. In der Trias (und auch schon im Perm) kommt eine Gruppe von Reptilien, die Theromoren vor, die Häckel als die Stammform der Säugetiere ansieht. In der obersten Schicht des Keuper wurden in Württemberg auch die ersten Spuren von Säugetieren entdeckt; da nur kleine Bruchteile des Skelettes derselben aufgefunden worden sind, so kann man sich von der Natur dieser Vor- oder Ursäuger, die Häckel als Promammalia bezeichnet, keine genaue Vorstellung machen; sie können ebensowohl dem Schnabeltier, das heute noch in Australien lebt, als den Beuteltieren ähnlich gewesen sein, deren Bau zwar im Ganzen beträchtlich höher als der der Schnabeltiere entwickelt ist, aber im Einzelnen doch noch eine Menge niedriger Merkmale aufweisen.



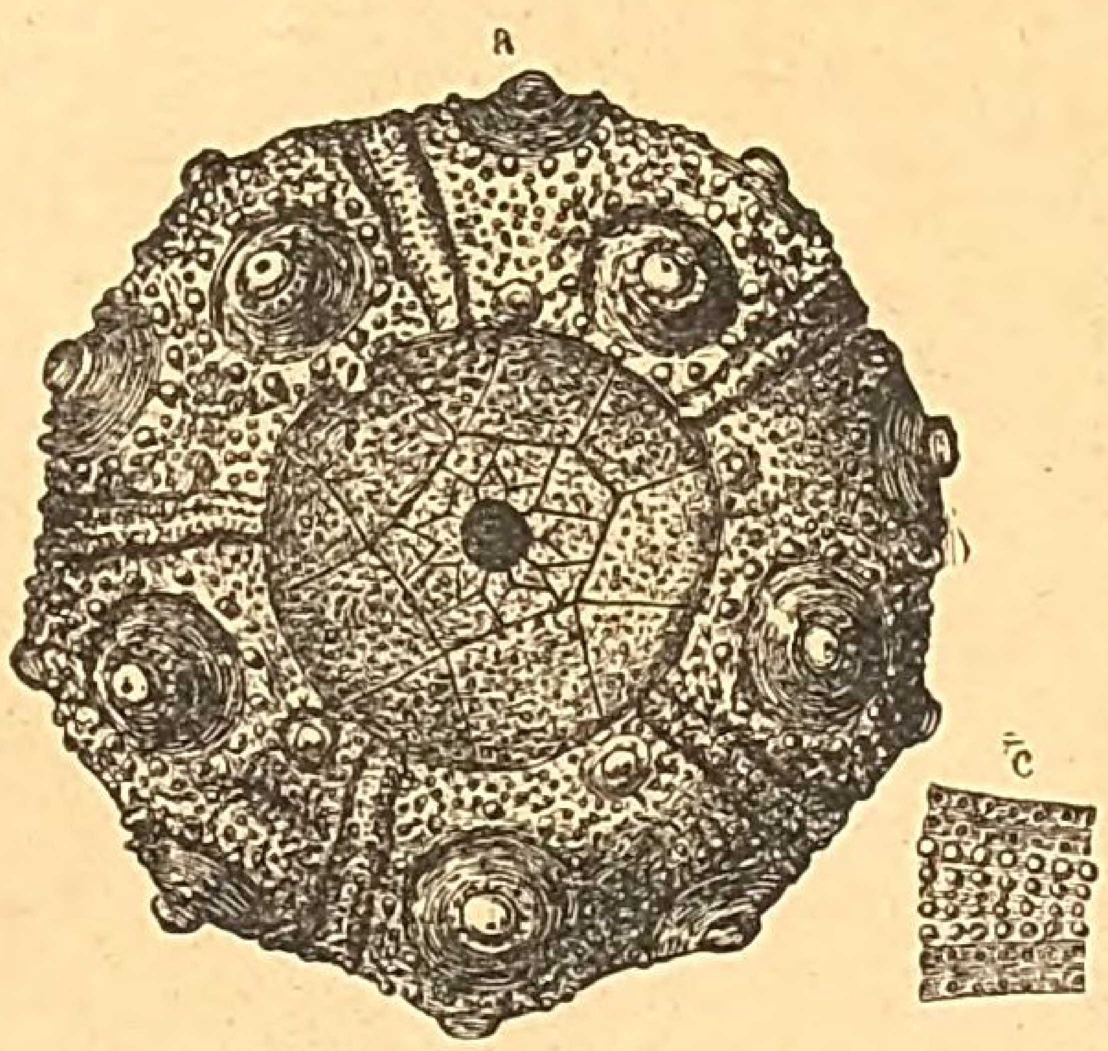
Ammonites Humphresianus.
(Obere und vordere Ansicht.)

Unter den Fischen tritt der Ceratodus, dessen Unterkieferzahn unsere Abbildung auf S. 426 zeigt, als Mittelglied zwischen Lungen- und Kiemenatmern auf. Der im Jahre 1870 für die Wissenschaft entdeckte australische Lurchfisch, Ceratodus Forsteri, der

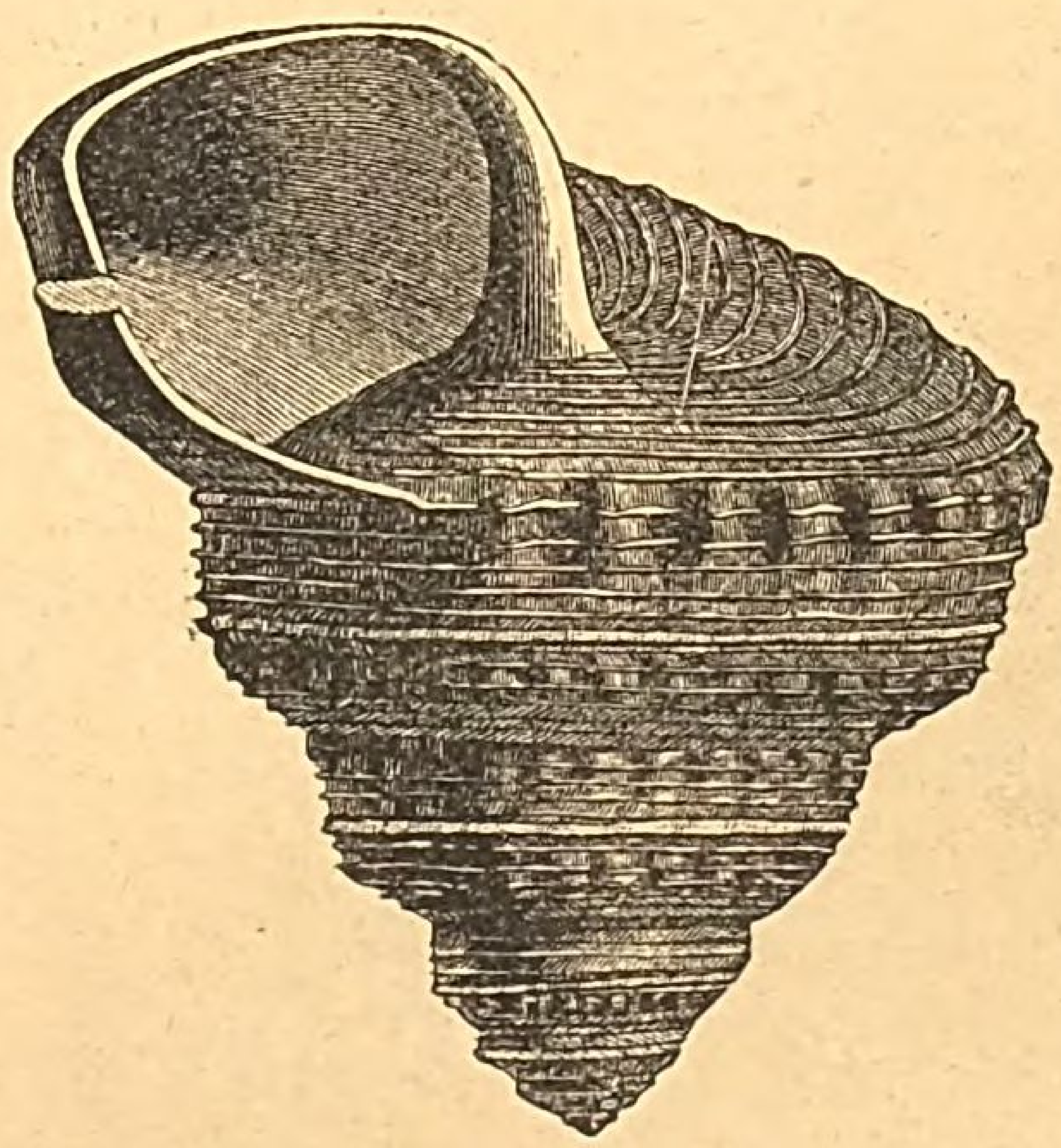


Belemnites calloviensis.
a. Querschnitt. (Aus Neumayrs „Erdgeschichte“.)

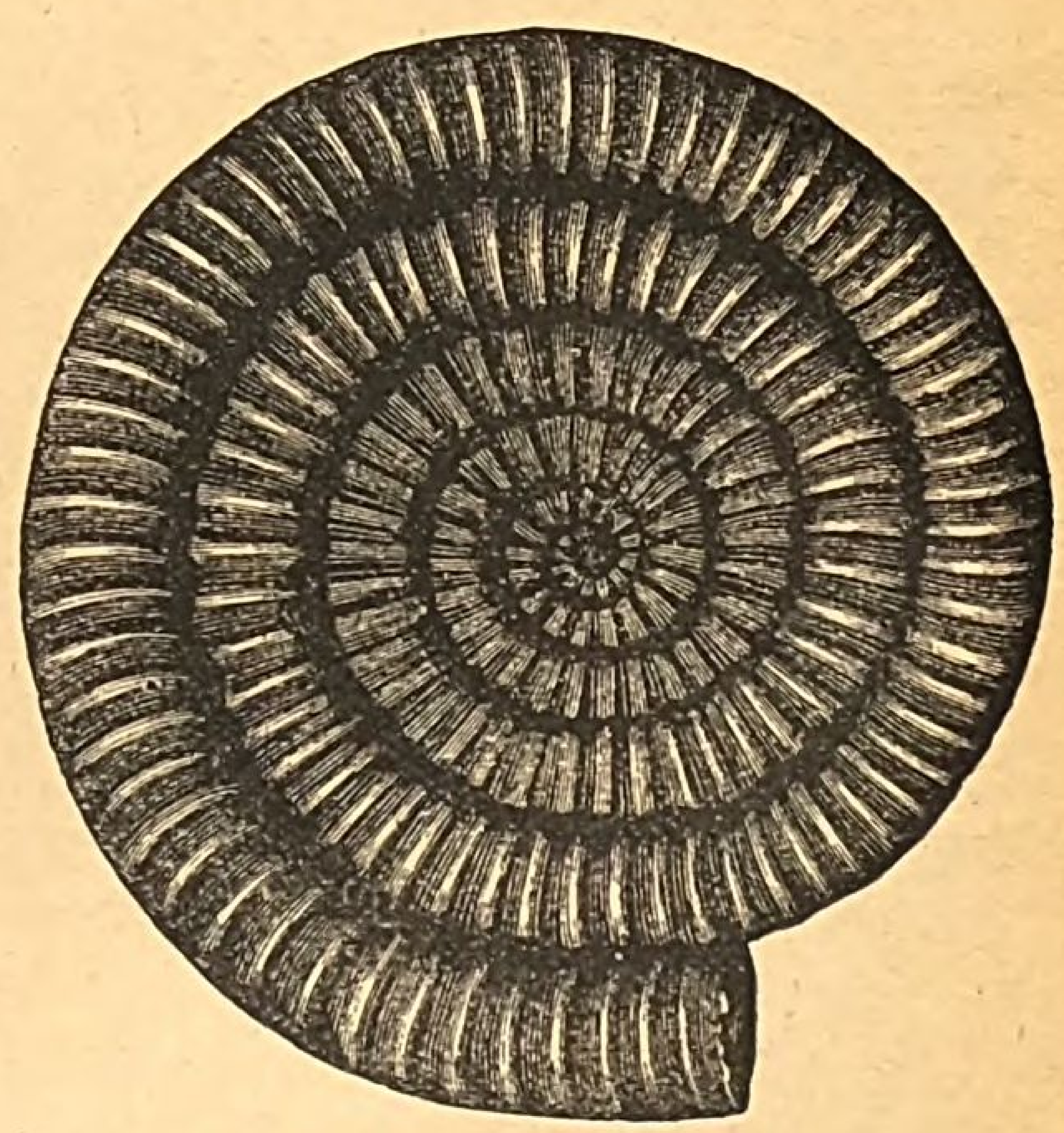
eine Länge von 6 Fuß erreicht, stellt eine noch heute lebende verwandte Form dieser vorweltlichen Fischgattung dar, und ist einer der zahlreichen Beläge von der rückständigen Entwickelung der Lebewelt dieses Erdteils, durch die die Entwickelungslehre wertvolles Beweismaterial für die Richtigkeit ihrer Anschauungsweise erhalten hat. Sehr abweichend von der deutschen Trias ist die *alpine*, die ihre Entwickelung immer noch auf dem Grunde tiefer Meere gefunden hat, und deren Reichtum an organischen Einschlüssen daher ausschließlich dem Meeresleben entstammt. Immerhin scheint sich schon in der Triaszeit die nachmalige Erhebung des großen Faltengebirges vorbereitet zu haben, das jetzt über dem einstigen Triasmeer zum Himmel emporragt, denn die Ablagerungen, aus denen dasselbe aufgebaut ist, weisen deutliche Schwankungen auf, und wir finden felsige Stellen von Korallenriffbildungen gekrönt, andere von mächtigen Thon- und Mergelmassen bedeckt. Vorherrschend



Cydaris coronata.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte".)

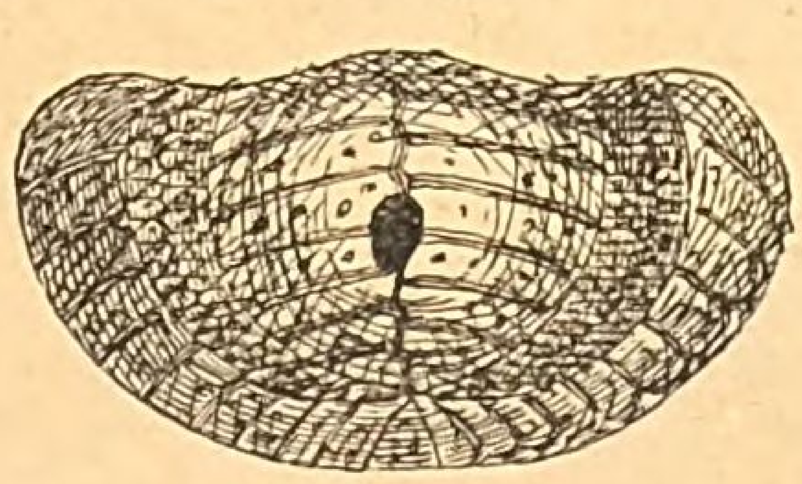


Pleurotomaria anglica.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte".)



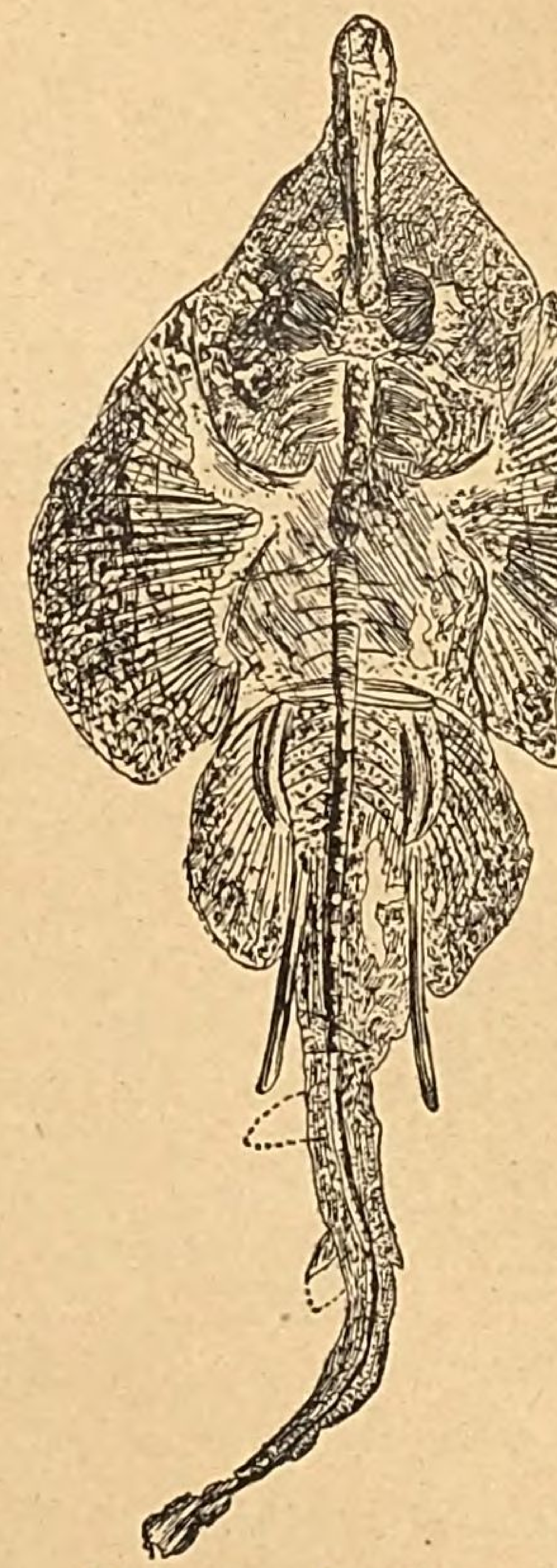
Amaltheus margaritatus,
eine der vollkommensten Ammonitenarten des Jura
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte".)

sind Kalksteinbildungen, die vielfach einen großen Reichtum an Versteinerungen aufweisen; die Dolomit-Gesteine aus dieser Zeit erreichen zwar, wie jene, eine ganz gewaltige Mächtigkeit, sind aber an organischen Einflüssen sehr arm. — Einer neuen Ueberflutung vom Meere verdanken die über Landstrecken, die in der Triaszeit trocken lagen, aufgetürmten Ablagerungen der *Juraformation* ihre Entstehung. Wahrscheinlich war ganz Deutschland von einem großen Jurameer bedeckt, das sich auch noch fast über ganz Frankreich und England erstreckt hat. Erst gegen Ende der Juraperiode läßt sich eine allmähliche Verschiebung der Verhältnisse erkennen, und zwar in dem

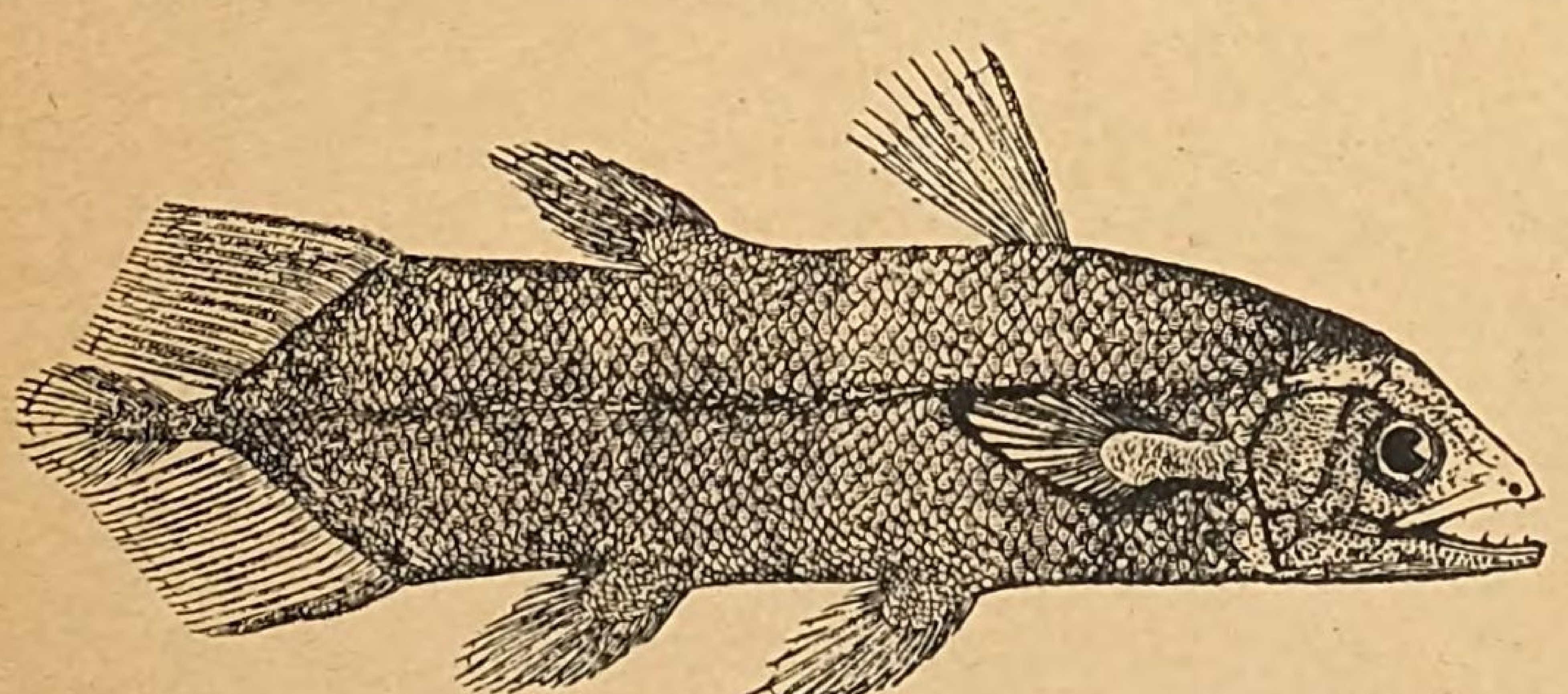


Collyrites,
rückwärtige Ansicht.

Sinne, daß das westliche Europa wieder Festland, das ganze nördliche Rußland dagegen Meeresboden wurde. In der Jurazeit treten auch klimatische Unterschiede mehrfach hervor; die nördlichen Meere weisen in dieser Zeit eine andere Tierwelt auf, als die unter wärmeren Himmelsstrichen gelegenen südlichen. In der Jurazeit erreichte das mesozoische Zeitalter seinen Höhepunkt. In der Meeresfauna gelangen die Ammoniten und Belemniten zur höchsten Entfaltung. Auch die Seeigel kommen sehr häufig und in zahlreichen Formen vor. Eine sehr schöne Form ist in der Cydaris coronata vertreten, bei welcher die Leibesöffnung im Centrum der Oberseite gelegen ist, wogegen aber auch unregelmäßige Formen mit seitlicher oder excentrischer Leibesöffnung vorkommen, wie beispielsweise Collyrites. Von den Schneckenarten ist besonders erwähnenswert die Pleurotomaria, die in der Gegenwart sehr selten geworden ist. Von den Kopffüßern sind die Nautiliden bis auf eine einzige Gattung (Nautilus) verschwunden. Von den Fischen tritt uns als Neuheit der Roche entgegen; die niedrig entwickelte Undina acutidens ist insofern von Interesse, als nur eine einzige stammverwandte Form noch in der Gegenwart existiert, nämlich der Flösselhecht, Polypterus Bichir. Die großen Meerdrachen stehen jetzt in der Blütezeit; wir kommen noch auf diese Ungeheuer der Urwelt des Näheren zurück. Die Landfauna weist Insektenformen von teilweise bedeutender Größe auf. Neben den Sauriern treten jetzt auch Schildkröten auf. Von den Dinosauriern finden sich besonders in den amerikanischen Ablagerungen zahlreiche Reste, die teilweise auf eine ganz außerordentliche Größe dieser Tiere schließen lassen. Man hat Schenkelknochen von solchen gefunden, die 2 m messen und daraus den Schluß gezogen, daß die Länge des ganzen Tieres mehr als 12 m betragen habe. Durch auffallende Gestalt zeichnet sich der Brontosaurus aus; im Teleosaurus sehen wir ein Meerkrokodil jener Zeit. Jetzt erscheint auch der erste gefiederte Vogel (Archaeopteryx), dem als Vorläufer die Flugeidechsen vorangingen.



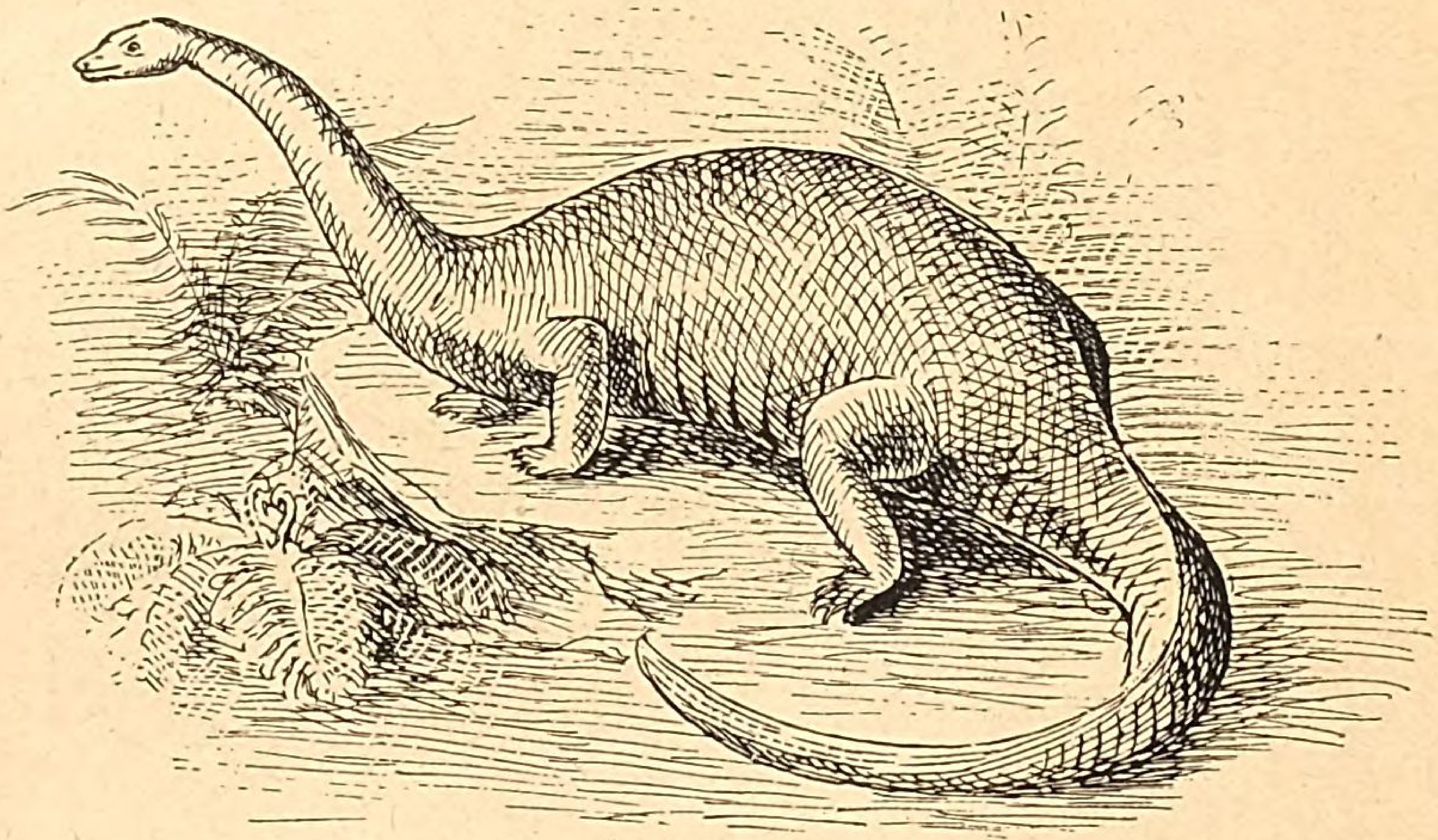
Roche aus der Jurazeit.



Undina acutidens.

Die Juraformation wird, wie bereits erwähnt, in die drei Schichten des schwarzen, braunen und weißen Jura getrennt, von denen die zuerst genannte älteste, auch (nach englischer Nomenklatur) als Lias, die folgende als Dogger und die jüngste, der weiße Jura, als Malmformation bezeichnet wird. Aus der Zeit des Beginns der Jurazeit, oder richtiger gesagt, aus den in den ältesten Juraschichten vorgefundenen Ueberresten des organischen Lebens jenes Zeitalters, konstruiert Oswald Heer ein freundliches Landschaftsbild.

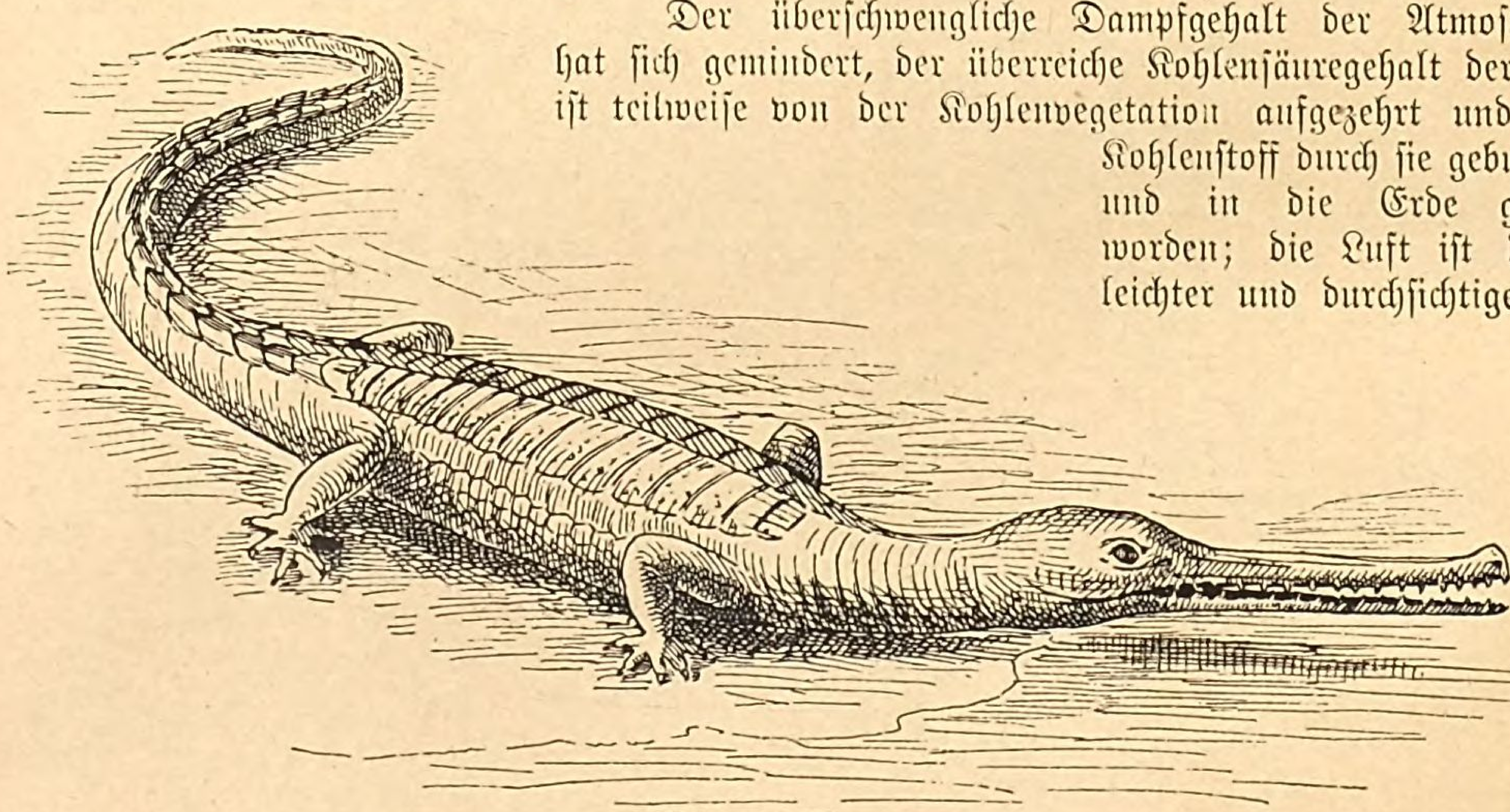
Er führt uns auf eine Anhöhe an der Meeresbucht, wo wir uns in den Schatten eines Sagobaumes stellen, durch dessen fiedriges Blattwerk die Morgenluft rauscht. Wir sehen die Hügel umkränzt mit steilen, palmenartigen Cykadeen und dunklen Nadelhölzern, in deren Schatten fein- und großblättrige Farnkräuter gedeihen und melancholische Pilze wuchern. Die Niederung durchschlängelt ein Fluß, dessen Ufer von hohem Schilfrohr und krautartigen Schafthalmen umsäumt ist. Seinem Gewässer entsteigen große Florfliegen



Brontosaurus.

und schweben durch das Röhricht des Strandes, während glänzende Bupresten*), schlanke Schnellkäfer und niedliche kleine Glanzkäferchen unserem Baume zuschwirren und auf seinen Blättern und Blüten sich sonnen.

Wir begeben uns zum Strande hinab und sehen im stillen Gewässer Blätter, Hölzer und Insekten mannigfacher Art, welche der Fluß in die Bucht geführt hat und die, mit dem Schlamm zu Boden sinkend, ihn mit organischer Masse erfüllen. Nicht allein hergeschwemmte und abgestorbene Tiere sehen wir aber im Wasser, sondern zahlreiche Geschöpfe, die hier ihren Wohnsitz aufgeschlagen und in buntem Zusammenleben sich ihres Daseins freuen. Der überschwengliche Dampfgehalt der Atmosphäre hat sich gemindert, der überreiche Kohlensäuregehalt der Luft ist teilweise von der Kohlenvegetation aufgezehrt und der Kohlenstoff durch sie gebunden und in die Erde gelegt worden; die Luft ist daher leichter und durchsichtiger ge-



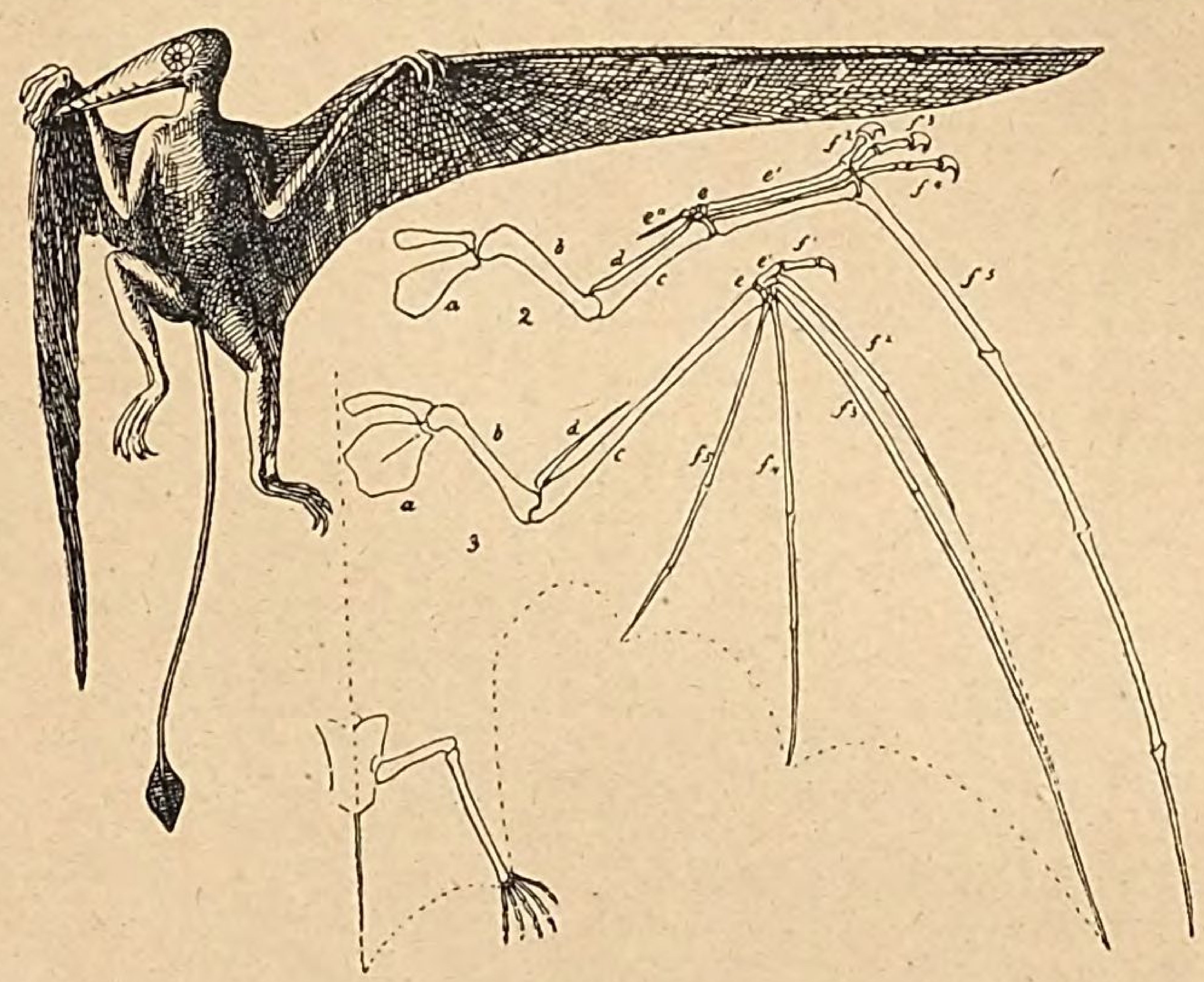
Teleosaurus,

ein dem Gangeskrokodil ähnlicher Meersaurier der Jurazeit.

*) Bupresten oder Prachtkäfer, eine über die ganze Erde verbreitete, aber in den Tropen besonders reich entwickelte, etwa 4000 Arten umfassende Käferfamilie von plumpem Gang aber leichtem Fluge, ausgezeichnet durch prachtvolle Färbung oder lebhaften Metallglanz.

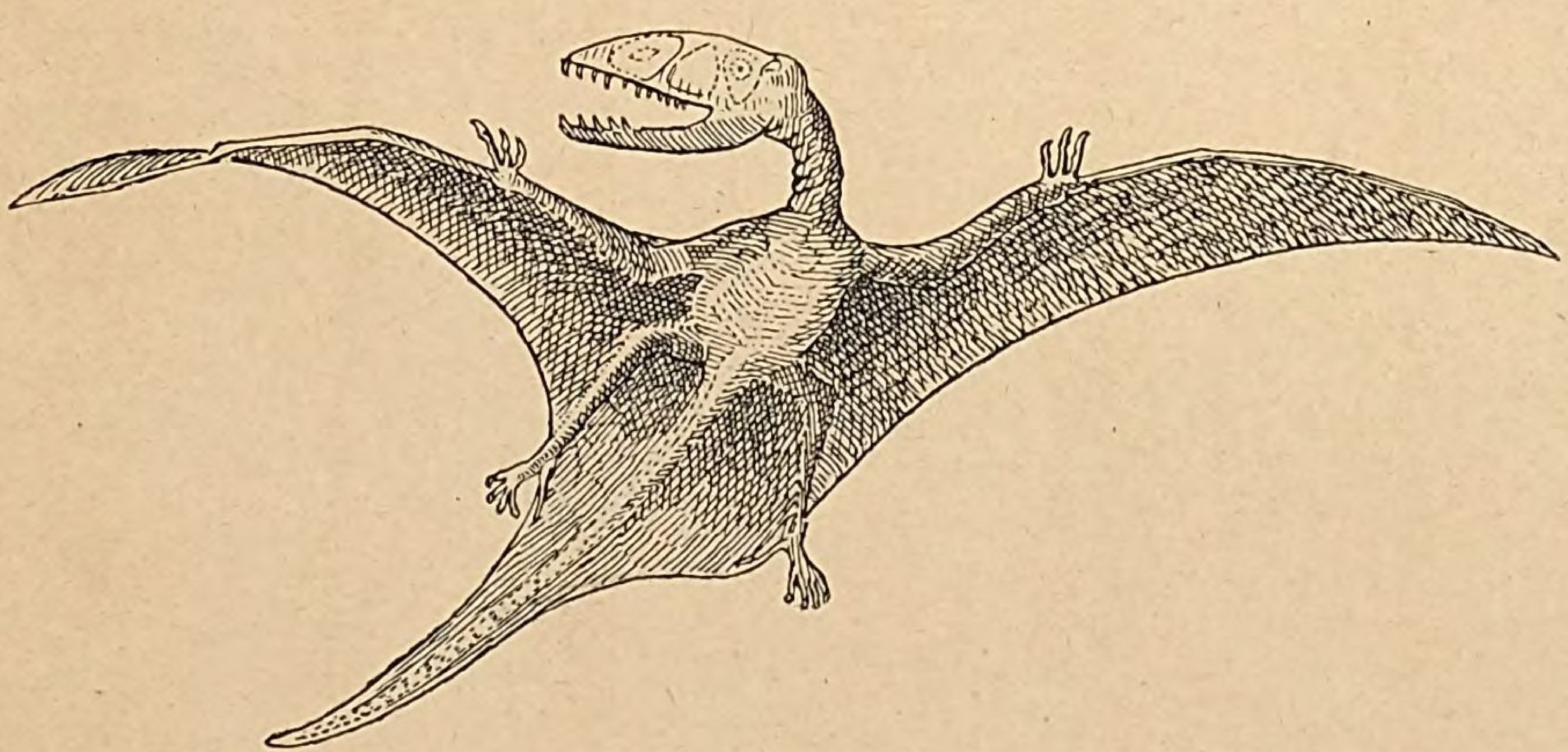
worden und die Sonne übt wohl schon ungetrübt ihren alles belebenden Einfluß. Doch fehlen noch immer die Laubbäume und blumenreiche Kräuter, und noch hat die Natur keine Stimme erhalten. Die Heuschrecken sind noch die einzigen Sänger in dieser einsamen Welt.

Dieses mannigfaltige Leben scheint verhältnismäßig nur kurze Zeit gedauert zu haben. Die Mergel, welche die Insekten und Landpflanzen enthalten, haben nur eine geringe Mächtigkeit; schon in den oberen Mergelschichten sind sie verschwunden, und auf sie folgt eine ca. 10 Fuß mächtige Kalkbank, in welcher wir keine Spur von Landorganismen mehr vorfinden. Hier ist die Grenze vorgezeichnet, die das Meer jenes Zeitalters in zwei große Becken schied, von denen das eine das südöstliche, das andere das westliche Europa bedeckte. In diesem Kalklager treten die Belemniten zuerst in größerer Menge auf, jene kegelförmigen, vorne häufig in eine dünne Spitze auslaufenden Körper, die durch den ganzen Jura verbreitet sind. (Vergl. die Abbildung auf S. 427.) Das Liasmeer muß bis an den Fuß der Alpen vorgedrungen sein, denn die Landpflanzen fehlen hier gänzlich.



Rhamphorhynchus,

ein Flugsaurier aus der Jura- und Kreidezeit. Fig. 1 zeigt das von Zittel rekonstruierte Tier, Fig. 2 das Skelett des Vorderbeines und Fig. 3 dasjenige eines Vorder- und Hinterbeines der Fledermaus. Die Buchstaben in Figur 1 und 2 bedeuten: a Schulterblatt, b Oberarm, c Elle, d Speiche, e Handwurzelknochen, e^1 Mittelhandknochen, e^2 Rest des Daumens beim Rhamphorhynchus, f^1 Daumen der Fledermaus, f^2 bis f^5 Finger.

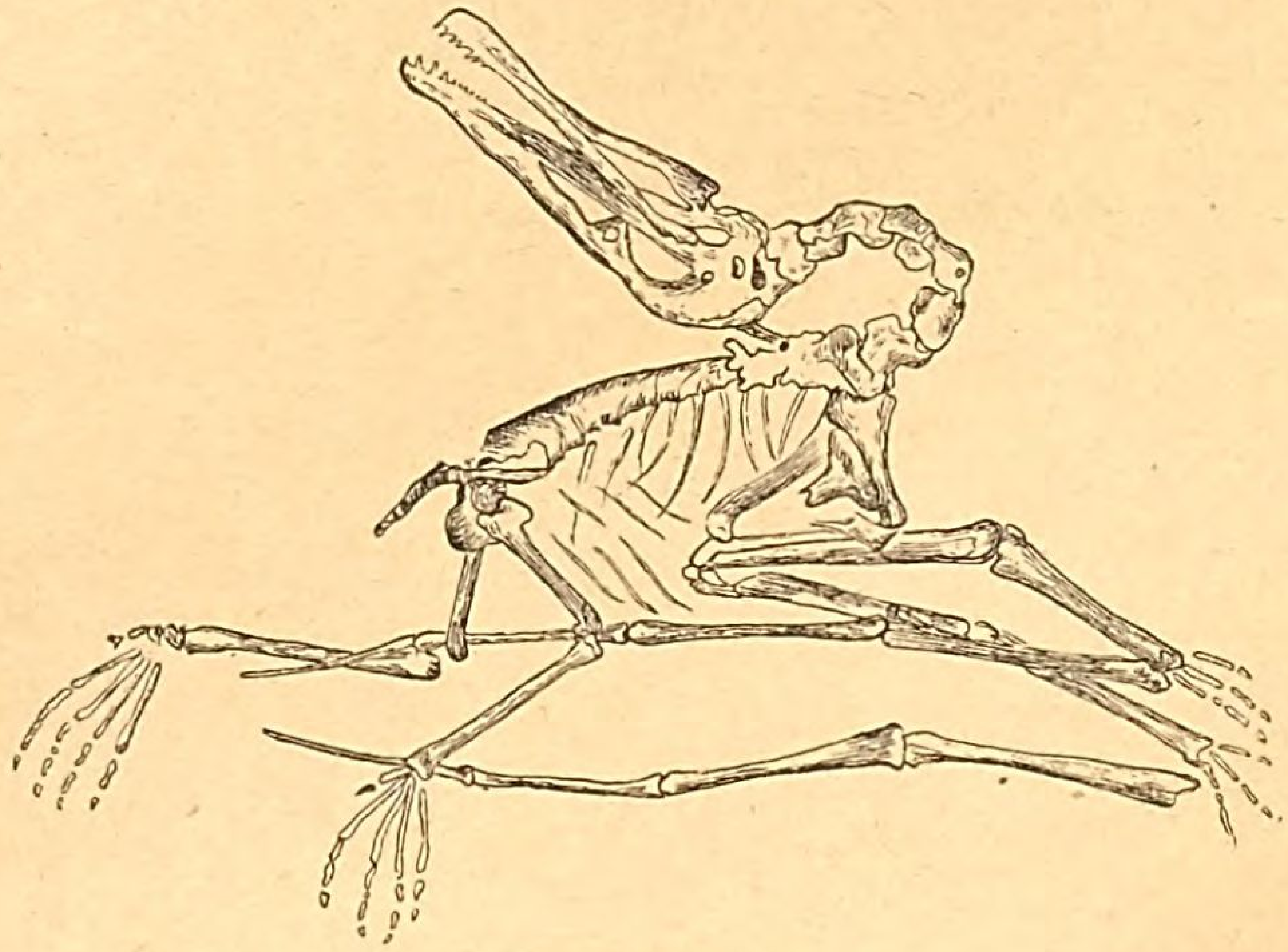


Dimorphodon macronyx,

eine Flugeidechse von Rabengröße aus dem unteren Lias. (Nach einer Rekonstruktion von Richard Owen.)

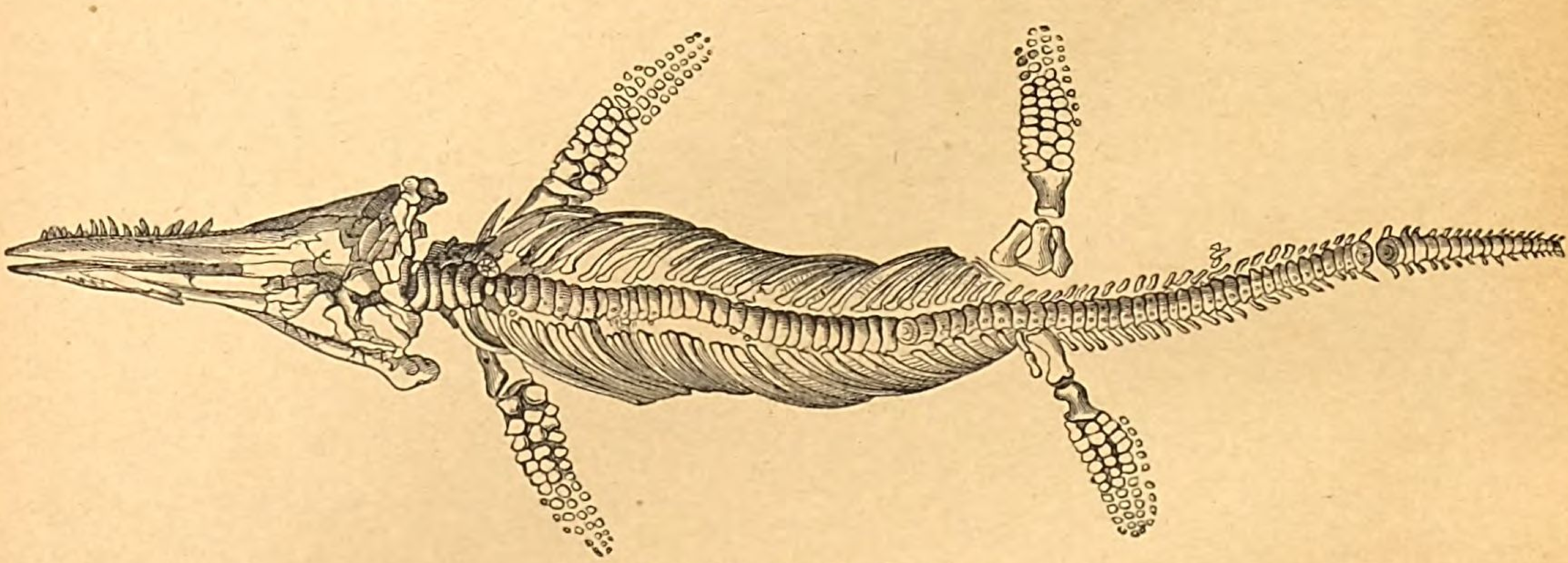
Wir finden in Württemberg und in England schon in dieser untersten Stufe des Jura zahlreiche Reste des Ichthyosaurus, der ebenso wie der Grönlandswal der Gegenwart in freiem Meere umherschwamm. Die Abbildung auf S. 432 zeigt das Skelett dieses Meer-

drachen von der unteren Seite in einem Zehntel der natürlichen Größe. Halb Fisch, halb Eidechse, hat das Tier die Schnauze eines Delphines, die Zähne eines Krokodiles, den Kopf einer Eidechse, die Wirbel eines Fisches, das Brustbein des australischen Schnabeltieres und die breiten Ruderfüße des Wales. Der Bau des Schädels unterscheidet sich von demjenigen des Krokodiles hauptsächlich dadurch, daß die Nasenlöcher nicht wie bei diesem an der Schnauzenspitze, sondern hart vor dem Augenwinkel gelegen sind. Vermutlich dienten sie als Spritzlöcher. Das Auge ist von Knochenplatten umgeben, die an Stelle der Hornhaut den Augapfel geschützt haben dürften. Manche Anatomen meinen, daß das Auge des Ichthyosaurus vermittelst dieser Einrichtung dem Bedürfnisse des Nah- oder Fernsehens beliebig angepaßt werden konnte, und daß dieselbe zugleich das Auge vor dem Wasserdrucke in größeren Meerestiefen geschützt hat. Nach dem Orte ihrer Auffindung im Innern der Skelette hat man in den zapfenartigen Gebilden, von denen unsere Abbildung eines zeigt, Auswurfstoffe (Kotsteine, Coprolithen) des Ichthyosaurus erkannt. Diese sind in England vielfach in so großer Masse gefunden worden, daß behufs ihrer Gewinnung wegen ihrer Reichhaltigkeit an phosphorsaurem Kalk förmlich Bergbau betrieben wurde.



Pterodactylus,
eine Flugeidechse von Lerchengröße aus dem lithographischen Schiefer von Eichstätt.

Das von Süden heranflutende Mittelmeer hat sich während langer Zeiträume, die mit der Entwickelung dieser Formationsgruppe parallel laufen, über ganz Mitteleuropa



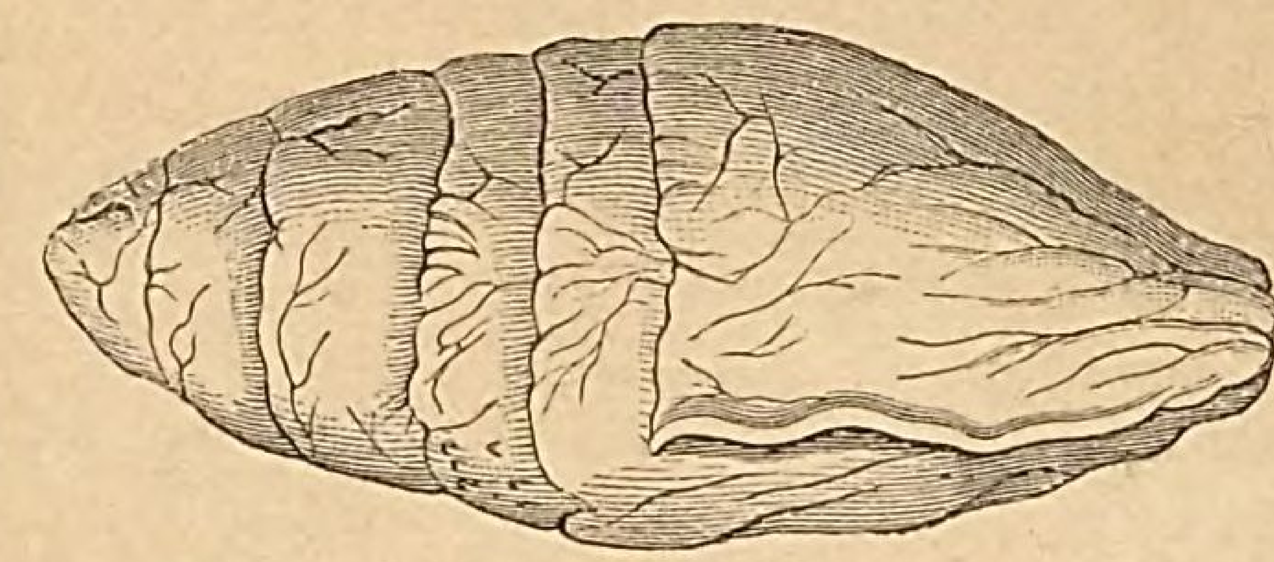
Skelett des Ichthyosaurus.
$^1/_{10}$ natürl. Größe.

und den größten Teil Rußlands verbreitet und — etwa in der Gegend der heutigen Shetlandsinseln einerseits, über Rußland und Innerasien andererseits Verbindung mit dem Arktischen Ocean gewonnen, nach Westen aber, über das schmale Bindeglied zwischen Nord- und Südamerika hinweg, mit dem Stillen Ocean zu einem geschlossenen Ganzen

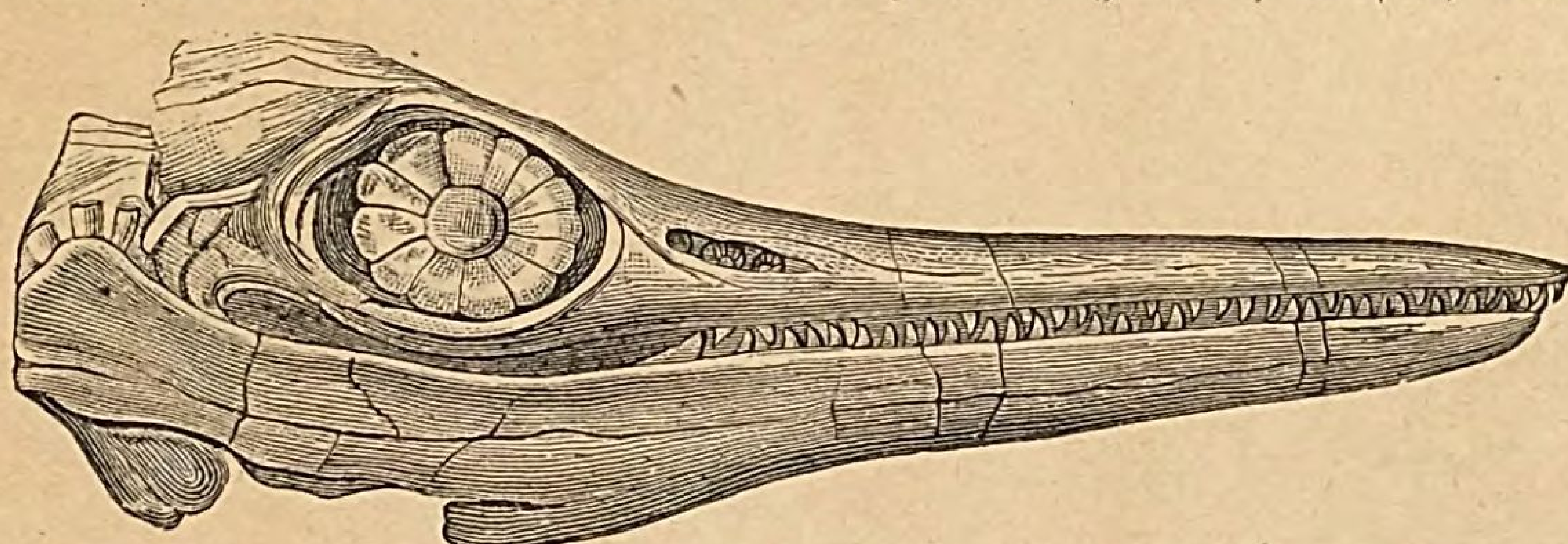


Ideale Jura-Landschaft.

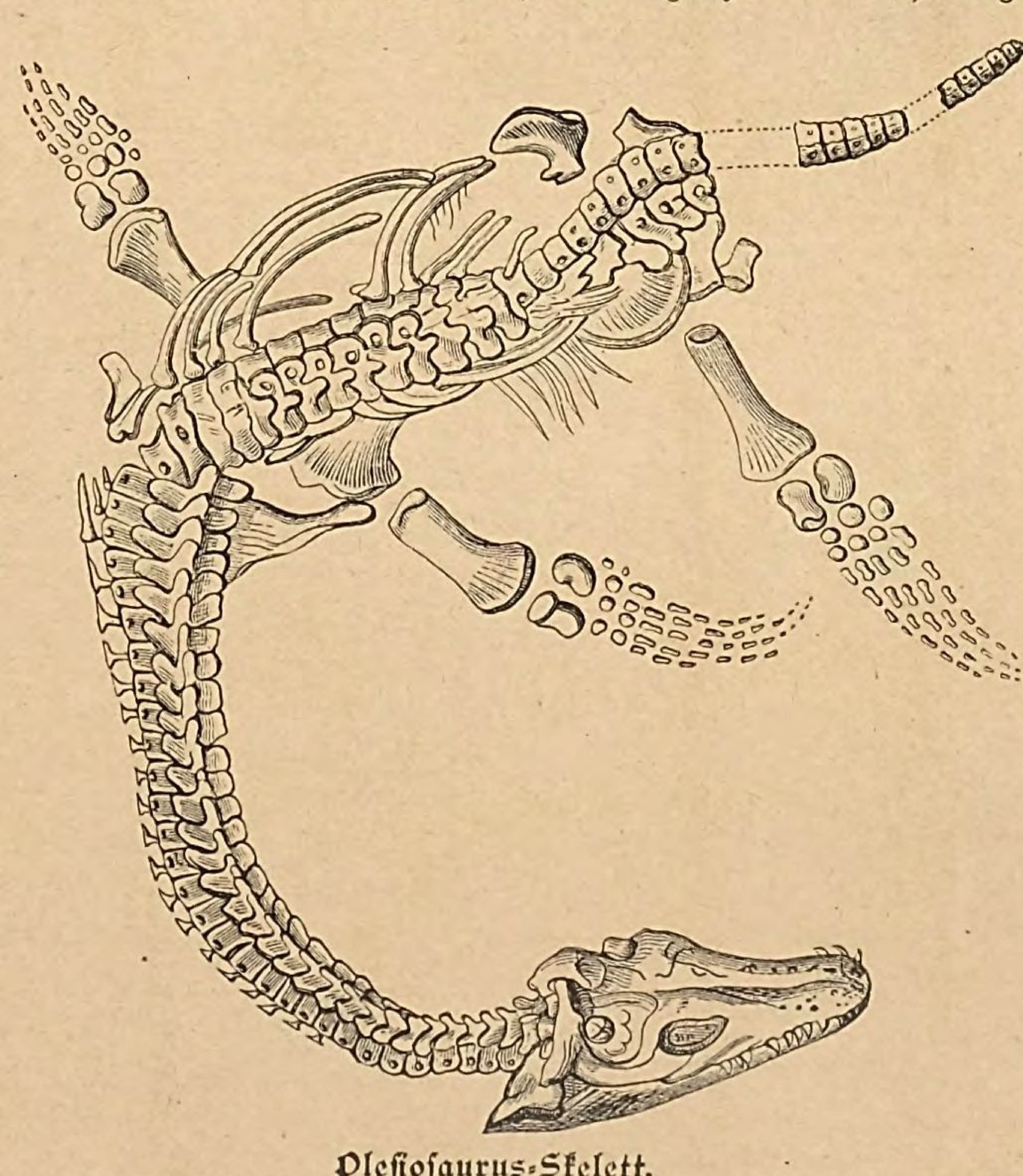
sich vereinigt. Von Europa ließ dieses *Jurameer* nur eine größere Insel unberührt, die zum größten Teil aus dem Gebiete der heutigen skandinavischen Halbinsel, Finlands und der Ostseeprovinzen bestand, und außer diesen das europäische Festland zu jener Zeit vertretenden Kontinente noch vereinzelte kleinere Inseln umschloß, deren Territorien heute teilweise dem Meere angehören, andernteils aber mit Irland, der Insel Man, einzelnen Punkten Schottlands, Englands und Frankreichs, dem mittleren Portugal und Spanien, dem Böhmerlande, kleinen west- und südrussischen Gebieten, einem Stück des Ural und kleinen Partikeln am Mittelmeere (deren Lage durch Korsika, Bosnien und den Bosporus markiert wird), übereinstimmten. Kaum die Hälfte des heutigen Festlandes ragte damals über den Meeresspiegel empor. Dagegen waren beträchtliche Stücke der heutigen Oceane von Festland ausgefüllt. Der größte Teil Südamerikas war mit Afrika zu einem Kontinente verbunden, der im Osten noch über ganz Arabien hinwegreichte, im Süden eine über Madagaskar und Vorderindien hinweg bis an den Golf von Bengalen reichende Landzunge bildete. Zwischen der Westküste dieser letzteren und dem ostafrikanischen Rande dieses Kontinentes (Melchior Neumayr nennt denselben den *brasilianisch-äthiopischen Kontinent*) streckte sich gegen Nordosten das Aethiopische Mittelmeer hin; gegen Osten hin trennte die einen kleinen Teil des heutigen Indischen Oceans bildende „Indische Bucht" und die „Bengalstraße" den brasilianisch-äthiopischen von dem *chinesisch-australischen Kontinente*, der in seinem südlichen Teile in zwei Landzungen sich spaltete, von denen die eine Tas-



Coprolith eines Ichthyosaurus.

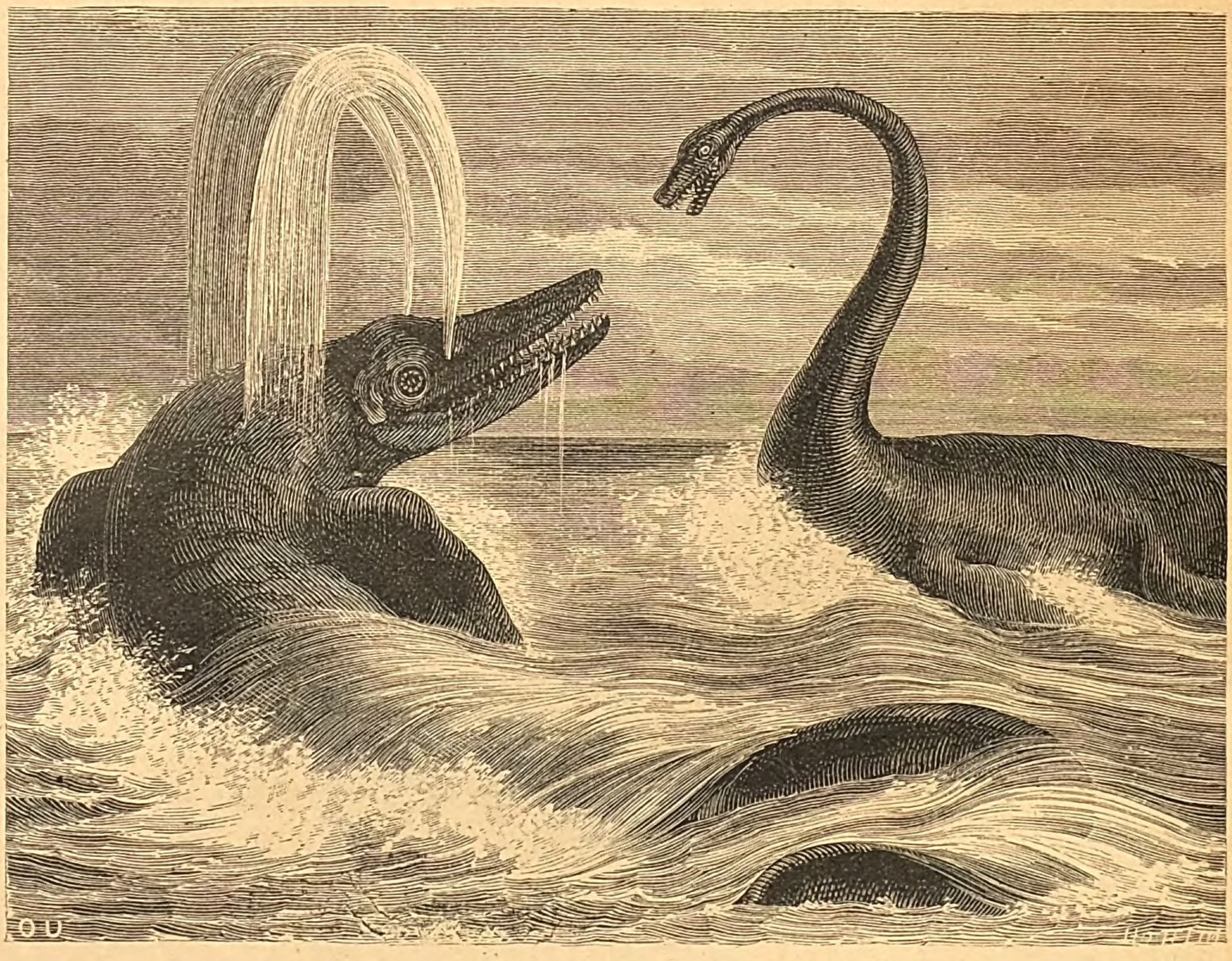


Schädel des Ichthyosaurus.
$^1/_{12}$ natürl. Größe.



Plesiosaurus-Skelett.

manien und den größeren Teil des australischen Festlandes, die andere den Westen Neuseelands und Inselgruppen des westlichen Oceaniens in sich schloß, der mittlere Teil den südostasiatischen Archipel nebst Hinterindien und dem chinesischen Meere, und der nördliche Teil China umfaßte, hier aber noch Ausläufer bildete, die den heutigen Gebieten des Himalaya- und Kuen-Luen-Gebirges entsprechen. Das heutige Turan mit den Nachbarländern bildete ein kleineres Festland, das westlich durch das Mittelmeer der Jurazeit, nördlich durch den Arktischen Ocean derselben begrenzt wurde und östlich vom chinesisch-australischen Kontinent durch eine in weitläufige Buchten auszweigende Meeresstraße getrennt wurde, deren südlichen Ausgang Neumayr, den heutigen geographischen Verhältnissen entsprechend, als Indusstraße, den nördlichen als Tianschanstraße bezeichnet.



Ichthyosaurus und Plesiosaurus im Kampfe.

Als dritter großer Kontinent der Jurazeit breitete sich im Norden des brasilianisch-äthiopischen und im Westen des skandinavischen Festlandes der „Nearktische Kontinent" aus, der Island und Grönland, den östlichen Teil Nordamerikas und seines Archipels nebst dem nordwestlichen Teile des Atlantischen Oceans umfaßte und an seinem südwestlichen Ende eine Landzunge nach Nordwesten emporstreckte, die bis gegen San Francisco hinaufreichte und von Neumayr den charakteristischen Namen der Utah-Halbinsel erhalten hat.

Die Ueberreste der Lebewelt des Lias bestehen in ihren wichtigsten Teilen aus Ammoniten und Austern, in den englischen Ablagerungen finden sich auch schon die zahlreichen Meersaurier und Fische dieses Zeitalters vor, die im deutschen Lias erst in den jüngeren Stufen häufiger werden, während sie in den unteren Lagen sehr selten sind. Im

mittleren Lias kommen die Belemniten in größter Menge vor, im oberen ist eine kleine Muschel, Posidomonya, das häufigste Leitfossil, die Ammoniten erscheinen in neuen Formen, und diese gewinnen in den südlichen Jurameeren die Uebermacht über alle anderen. Jetzt bricht die Glanzperiode des Ichthyosaurus an, jenes delphinartigen Sauriers mit langer, spitziger Schnauze, kurzem Hals und gestrecktem, walzenförmigem Leibe, langem Ruderschwanz und Schwimmfüßen, die in ähnlicher Weise wie die vorderen Gliedmaßen der Waltiere gebaut sind. Die langen Kiefer dieser „Fischeidechse“ (dies ist die deutsche Uebersetzung des Namens) sind mit mehreren Hundert Zähnen bewaffnet, die Augen von einem Knochenringe umgeben; die Länge des Tieres, das wie unsere Wale lebendige Junge zur Welt brachte (man hat ein solches im Skelett eines Ichthyosaurus eingeschlossen gefunden), betrug 10 m und darüber. O. Fraas, dem wir diese Schilderung zum Teil entnehmen, hat den Nachweis geliefert, daß die Ichthyosauren auf dem Rücken eine größere Flosse und eine Anzahl kleinerer Hautlappen hatten, und daß der Schwanz in zwei senkrecht stehende Lappen oder Flossen auslief, in deren untere das Ende der Wirbelsäule mit einer Knickung hineinreichte. In England tritt neben dem Ichthyosaurus häufig auch der Plesiosaurus auf, ein Meersaurier gleich jenem, dessen Kopf aber — wenigstens bei einer Art — im Gegensatze zu dem des Ichthyosaurus klein war, wogegen der Hals, der jenem fast ganz fehlte, eine unverhältnismäßige Länge hatte. Da der Leib des Plesiosaurus kurz war, aber in einem langen Schwanze endigte, so glich das mit Ruderfüßen versehene Tier, wie Fraas bemerkt, einer Schlange, die durch den Leib einer Schildkröte hindurchgezogen worden ist. Unsere Abbildung zeigt diese beiden Meersaurier im Kampfe.



Archaeopteryx.

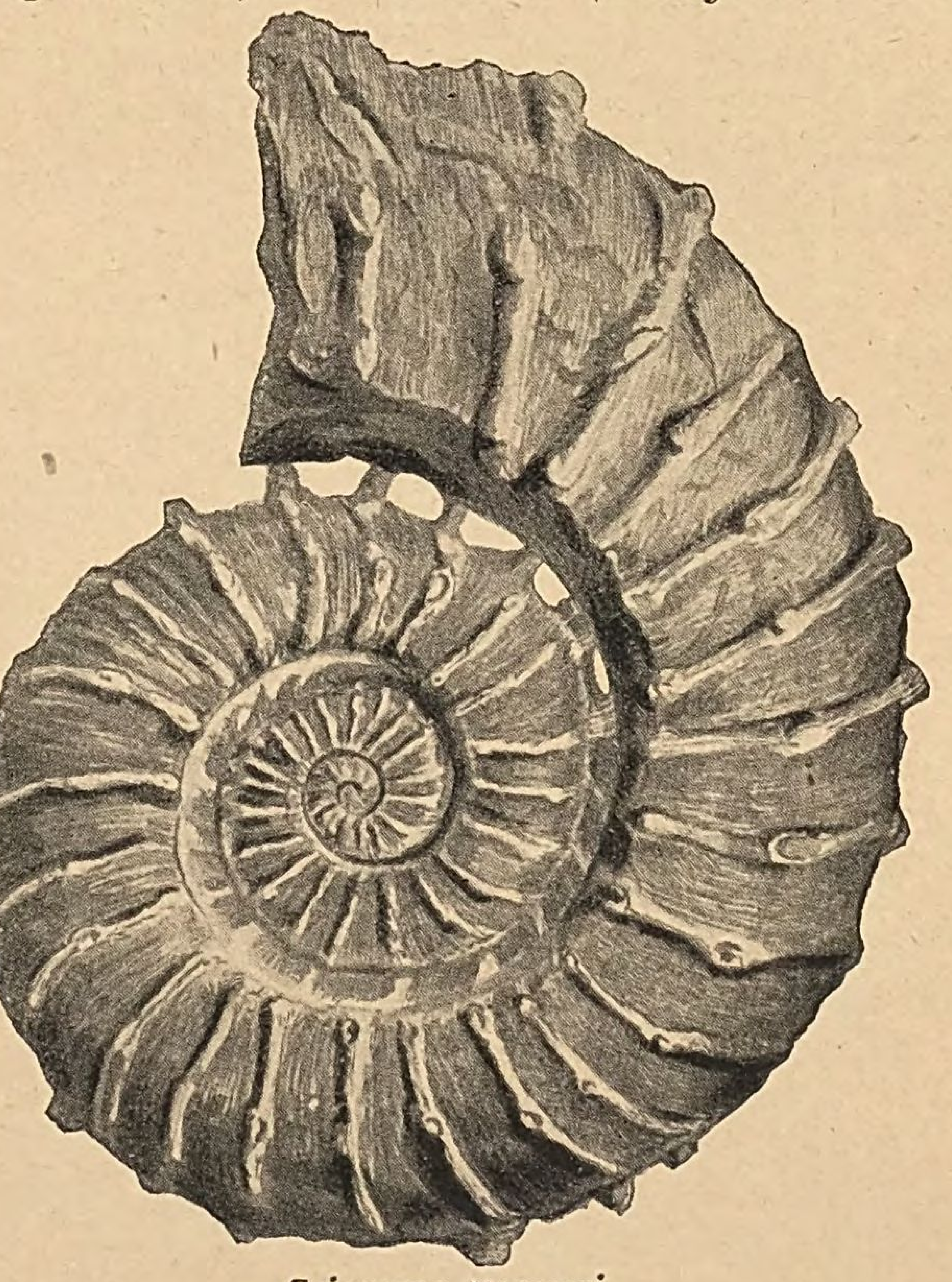
Während der braune Jura augenfällige Veränderungen nicht aufweist, tritt im oberen Jura eine vollständige Aenderung des Gesteinscharakters auf, und auch die Fauna dieser Periode zeigt bedeutende Abweichungen von derjenigen der vorhergegangenen. Die Belemniten treten in den Hintergrund, unter den Ammoniten gelangt das Geschlecht der Planulaten zur Herrschaft, die Seeschwämme erscheinen massenhaft und beteiligen sich an den Ablagerungen in solchem Maße, daß der Kalk, aus welchem dieselben bestehen, als Schwammkalk bezeichnet wird. Seelilien und Seesterne und ganz besonders die schönen Seeigel treten in großer Menge auf. Die massigen marmorartigen Kalke oder Dolomiten des oberen weißen Jura weisen mächtige Anhäufungen von Korallen auf; auch Landtiere kommen unter den organischen Einschlüssen wieder zur Geltung, woraus nach Fraas auf eine Ablagerung in nächster Nähe des Landes geschlossen werden kann. Unser ideales Landschaftsbild aus der Jurazeit läßt den inselartigen Charakter erkennen, den die Landverteilung in jener Zeit hatte. Ein Blick auf die Pflanzenwelt, die dasselbe belebt, läßt uns erkennen, daß die riesigen Schachtelhalme, die in den früheren Zeitaltern vorherrschten, vollständig verschwunden und die Farne entschieden zurückgetreten sind. Dagegen treten

in der Jurazeit die schlanken Zapfenpalmen oder Cycadeen mit ihren palmenähnlichen Wipfeln und narbenbedeckten Stämmen auf, die während ihres Wachstumes die Blätter abwarfen (wodurch eben jene Narben entstanden sind), am Gipfel dagegen immer wieder neue ansetzten. Neben den Zapfenpalmen schmückten Tannen und Cypressen nebst einigen Farnen die Wälder und Küstensäume der Jurazeit, und es traten auch schon Pandanus- oder Padangbäume auf, deren Wurzeln stelzenartig aus der Erde emporragten und gleichsam das Gerüst einer Kuppel bildeten, über deren Scheitel erst der eigentliche Stamm sich erhob. Der Vogel der Jurazeit, die Archaeopteryx, umschwebte die Wipfel dieser Bäume; sie hatte, nach ihrem auf einer lithographischen Kalkplatte von Solnhofen abgeprägten Abbilde, die Größe einer Taube und glich nach dem Bau ihres Beckens, ihrer Rippen und ihres Schädels den Reptilien, mit denen sie auch die bezahnten Kiefer und den langen, aus 20 Wirbeln zusammengesetzten Schwanz gemein hatte. Dagegen sind die hinteren Gliedmaßen nach Art der Vogelfüße gebaut, die vorderen mit Federn bedeckt. Die auf solche Weise in Flügel umgewandelten vorderen Gliedmaßen endigen in freie, mit Krallen versehene Finger, weichen daher von den Vogelflügeln der Gegenwart ganz erheblich ab; noch mehr ist dies aber hinsichtlich des Schwanzes der Fall, der, wie gesagt, aus 20 zum Teil sehr lang gestreckten Wirbeln besteht, von denen jeder zwei Federn trägt, so daß das Ganze ungefähr das Aussehen eines Palmenwedels erhält, während das Schwanzskelett unserer Vögel sich aus höchstens neun kurzen Wirbeln zusammensetzt, die meistens in einem pflugscharähnlichen Knochen endigen, von dem die Steuerfedern des Schwanzes strahlenförmig ausgehen. Nichtsdestoweniger muß jedoch die Archaeopteryx als ein echter Vogel angesprochen werden.

Unsere Abbildung auf S. 435 stellt die ältere von den beiden Solnhoferplatten dar, in denen Reste der Archaeopteryx gefunden worden sind. Sie wurde 1861 entdeckt und wanderte schon im folgenden Jahre nach London, wo sie, vom britischen Museum um den Preis von 600 Pfund Sterling erworben, ihre dauernde Aufstellung gefunden hat*). Eine zweite im Jahre 1877 aufgefundene Platte der gleichen Art kam in den Besitz des mineralogischen Museums der Berliner Universität. Die Geschichte ihres Ankaufes ist nicht ohne Interesse. Dames hat darüber eine ausführliche kritische Abhandlung geschrieben, aus der wir Folgendes mitteilen: „Im Jahre 1877 stieß man auf ein zweites Skelett, welches in den lithographischen Schiefern auf dem Blumenberg bei Eichstädt im Dürrschen Steinbruch lag, während das erste aus der etwa $3^1/_2$ Wegstunden davon entfernten Langenaltheimer Haardt bei Pappenheim stammt. Es ist dies zu betonen, weil hin und wieder wohl die Ansicht geäußert wurde, es möchten bestimmte Schichten oder bestimmte Lokalitäten vornehmlich als Fundstätten anzusehen sein. Nach den obigen, von Herrn E. Häberlein mitgeteilten Nachrichten bestätigt sich diese an und für sich schon unwahrscheinliche Annahme nicht. Bald nachdem das zweite Exemplar durch den Steinbruchbesitzer Dürr gefunden war, gelangte es in den Besitz des Herrn Häberlein und wurde von ihm, der im Präparieren von Solnhofer Petrefakten so wohl erfahren ist, von der umgebenden Gesteinsmasse befreit, d. h. es wurde sorgfältig die das Skelett von oben bedeckende Platte entfernt, und nun zeigte es sich, daß dieses zweite Exemplar in vieler Beziehung das zuerst gefundene an Vollständigkeit der Erhaltung übertraf. Vor allem erregte es in den weitesten Naturforscherkreisen Interesse, daß der Kopf vorhanden war und in seinen Kiefern kleine Zähne erkennbar wurden; und ferner ließen die bis ins kleinste Detail erhaltenen und völlig in natürlicher Lage befindlichen Vorderextremitäten manche wünschenswerte Ergänzung zu dem bereits Bekannten erwarten. Daß dadurch bei vielen Sammlungsvorständen der

*) Diese Platte war in Besitz des Arztes Ernst Häberlein in Solnhofen gekommen, der einen hohen Preis dafür verlangte und keine Kopien davon gestatten wollte. Nachdem es dem Paläontologen Oppel gelungen war, nach Besichtigung der Platte eine brauchbare Skizze derselben aus dem Gedächtnis zu entwerfen, drang nähere Kunde darüber in die deutschen Gelehrtenkreise, und es entstand die Frage nach der Echtheit des Objektes, die von einer Seite kurzweg bestritten wurde. Diesem Streit machte das britische Museum ein kurzes Ende, indem es die Platte ankaufte.

Wunsch überaus rege wurde, dieses ungewöhnlich wertvolle Exemplar zu erwerben, ist selbstverständlich. Um nun zunächst zu verhindern, daß auch dieses Exemplar wie das erstgefundene, an das britische Museum verkaufte, ins Ausland gelangen könnte, schloß Herr Dr. O. Folger, Obmann des Freien Deutschen Hochstifts in Frankfurt a. M., mit Herrn Ernst Häberlein einen Kontrakt ab, nach welchem Letzterer, sich sein Eigentumsrecht vorbehaltend, das Exemplar dem Freien Deutschen Hochstift „zum Zwecke der Vermittelung des Ankaufes für das Freie Deutsche Hochstift selbst oder irgend eine andere deutsche Körperschaft oder Anstalt für die Dauer von 6 Monaten übergab“. In demselben Kontrakt wurde ferner stipuliert, daß das Freie Deutsche Hochstift die Verpflichtung übernahm, „Niemandem eine Veränderung der Platte, sowie auch weder die Herstellung eines Abdruckes oder Abgusses noch einer sonstigen Abformung, auch keine Abzeichnung, Photographie oder sonstige bildliche Vervielfältigung zu gestatten“. Während der Zeit, wo das Exemplar im Freien Deutschen Hochstift aufbewahrt wurde, ist es zugleich mit einer umfangreichen Sammlung Solnhofer Petrefakten mancher einheimischen Sammlung und auch dem Deutschen Reich für 36000 Mark zum Kauf angeboten worden. Da letzteres als solches keine Sammlung besitzt, konnte es die wertvolle Platte nicht erwerben, und da anderwärts die Mittel zum Ankauf nicht vorhanden oder disponibel waren, so liefen die sechs Monate ab, ohne daß der im Kontrakt angestrebte Zweck erreicht worden wäre. Prolongationen desselben, erst auf drei Monate, dann auf unbestimmte Zeit, führten auch nicht zum Ziel, und so sah sich Herr Häberlein genötigt, den Verkauf persönlich zu betreiben. Er brachte Anfang Dezember sein Eigentum nach Pappenheim zurück und wendete sich an mehrere Museen, so an das Genfer, das Münchener und schließlich auch an das Berliner, nachdem die beiden erstgenannten und andere aus Mangel an Mitteln die Erwerbung hatten ablehnen müssen.

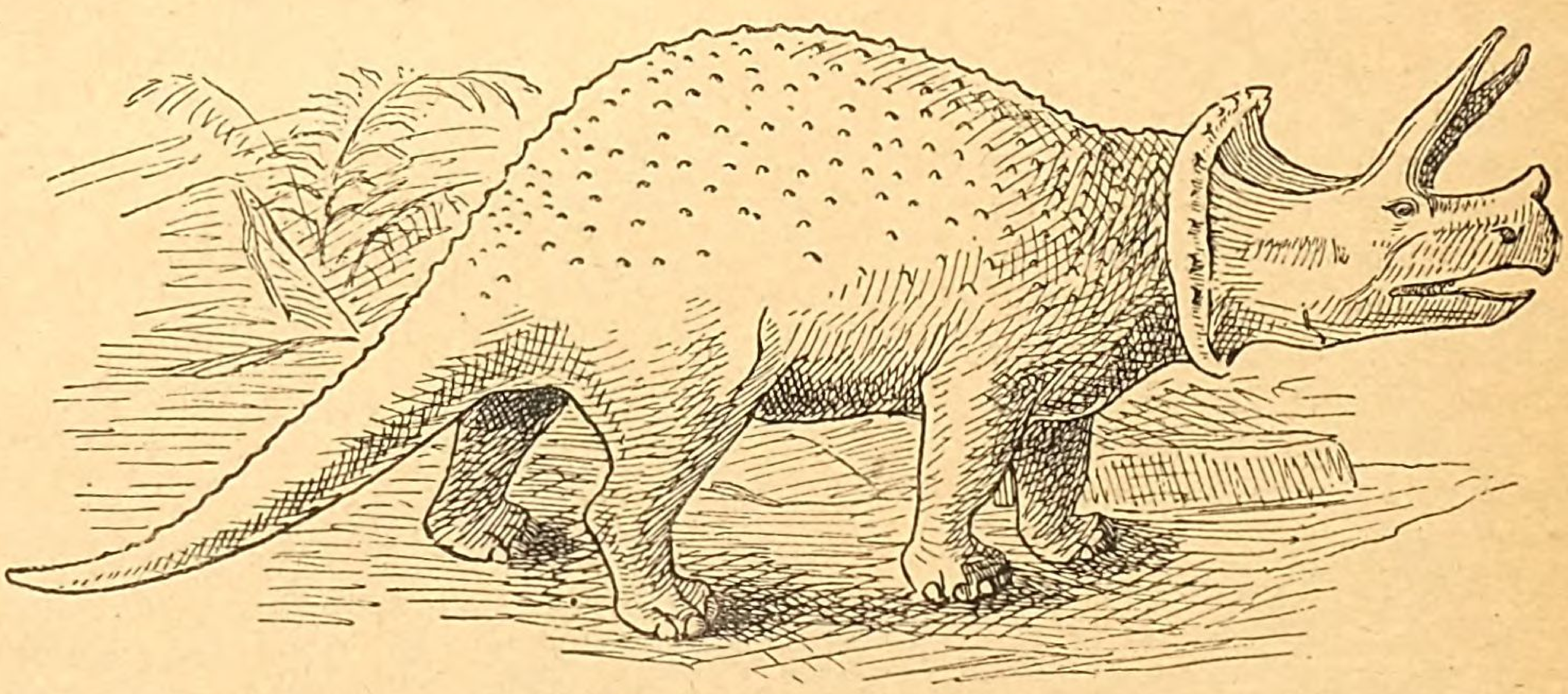


Crioceras Roemeri.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte“.)

Als dem königlich preußischen Kultusministerium der Antrag auf Ankauf der Sammlung, zu welcher die Archaeopteryx gehörte, nunmehr unter Reduktion des Preises auf 26000 Mark zugegangen war, beauftragte dasselbe Herrn Geheimrat Professor Dr. E. Beyrich, Direktor des königlich mineralogischen Museums hiesiger (der Berliner) Universität, sich nach Pappenheim zu begeben, und nach Besichtigung der Sammlung über dieselbe Bericht zu erstatten. Zu derselben Zeit (Anfang April 1880) hatte Herr Geheimrat Dr. Werner Siemens Kenntnis davon erhalten, um welch wissenschaftlich hochwichtiges Objekt es sich hierbei handle und daß seitens des Besitzers mit einigen Sammlungsvorständen des Auslandes Verhandlungen angeknüpft seien, welche nicht erfolglos zu werden versprachen, daß also, wenn die zweitgefundene Archaeopteryx einer deutschen Sammlung erhalten bleiben

sollte, Gefahr im Verzuge sei. Er faßte deshalb den hochherzigen Entschluß, das betreffende Stück für den geforderten Preis von 20000 Mark zunächst für sich privatim anzukaufen und es dann der königlich preußischen Staatsregierung behufs Erwerbung zur Verfügung zu stellen. So kam die Archaeopteryx nach Berlin in den Privatbesitz des Herrn Siemens, aus welchem er dann nach kurzer Zeit gegen Erstattung der von ihm gezahlten Summe in den des Staates überging. Dieser überwies ihn dem königlich mineralogischen Museum der Berliner Universität, in welchem er seitdem aufbewahrt wird."

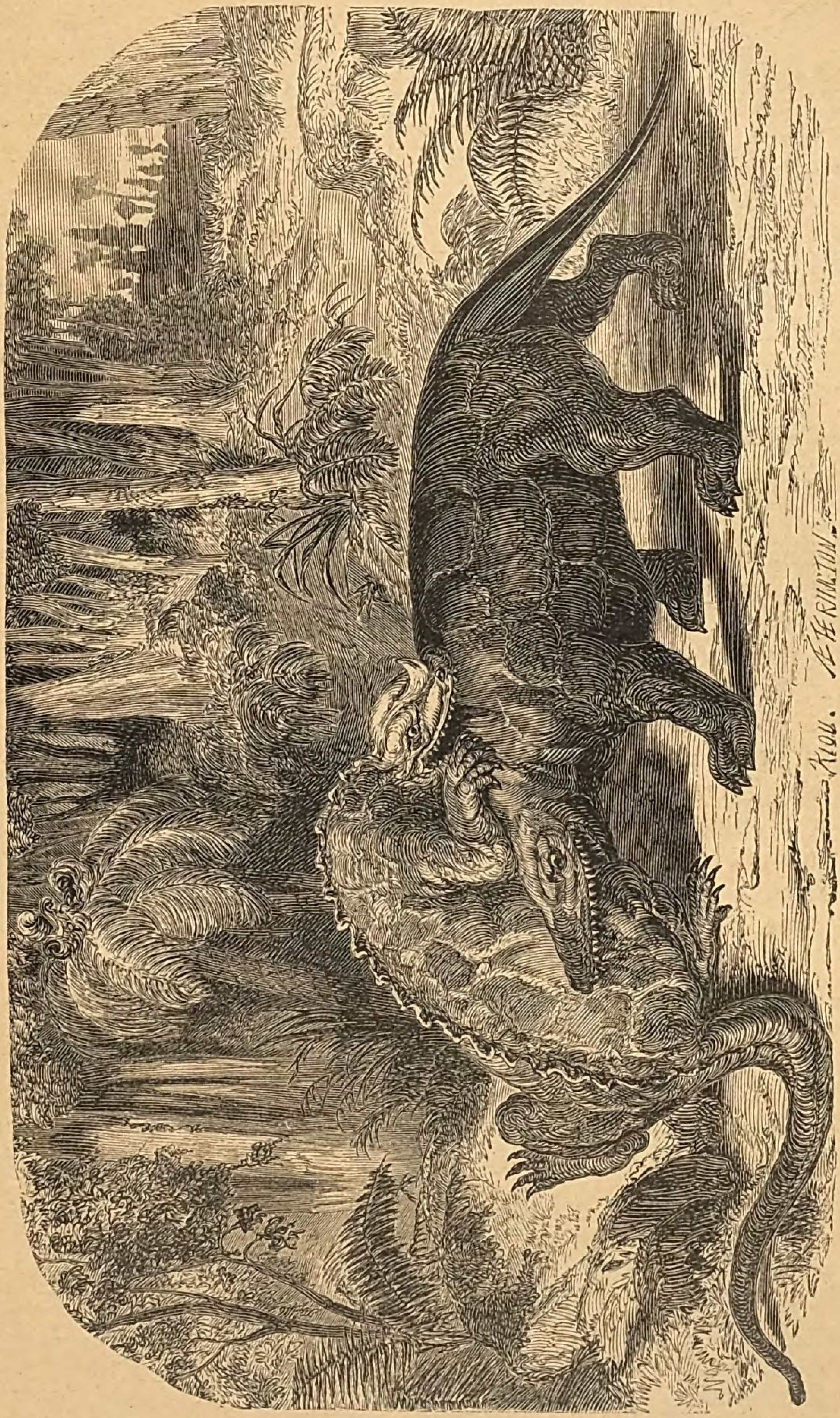
In der nun folgenden Kreidezeit herrscht zwar im Ganzen das Meerleben vor, doch finden sich auch brackische (aus Gewässern, in denen Meer- und Süßwasser sich mischt, also aus Gegenden an der Mündung von Flüssen stammende) und terestrische (aus dem Binnenlande stammende) Gebilde. Die Ammoniten und Belemniten, die im Jura noch eine große Rolle spielten, gehen jetzt allmählich zurück und ihre gewundene Form löst sich in der Weise auf, daß die Windungen des zusammengerollten Gesamtkörpers sich lockerten und diese sich teilweise oder ganz in die Länge streckte; bei Crioceras Roemeri ist bereits die Auflösung der Spirale im Werden begriffen. Die wurmförmigen Schraubenschnecken und die Herzmuschel treten als Leitfossile auf. Foraminiferen und Radiolarien bilden mächtige Bänke, denen u. a. die Schreibkreide angehört. Spongien und Korallen entwickeln



Gehörntes Reptil aus der Kreide.

sich in großem Formenreichtum; im Reiche der Echinodermen gelangen die Seeigel zur Herrschaft. Das zunehmende Vorwiegen der Muscheln und Schnecken und der Knochenfische, sowie das allmähliche Aussterben der Reptilien älterer Formen weisen auf eine fortschreitende Annäherung des organischen Lebens an dasjenige der Gegenwart hin. Krokodile und Schildkröten bleiben in gleichmäßiger Entwickelung, und als Vorläufer der Schlangen, die bis dahin in der Tierwelt noch fehlten, tritt der riesenhafte Mosasaurus auf, der bis zu 20 m Länge erreicht und die letzte der meerbewohnenden Eidechsen ist. In der untersten Kreide findet sich — namentlich in England und Belgien — das Iguanodon nicht selten, das sich nach Art des Känguruh, auf den Hinterbeinen springend, vorwärts bewegte, wobei ihm der mächtige Schwanz als Stütze diente. Man hat Exemplare von 7 m Länge gefunden. Der Name bedeutet so viel wie Leguanzahn (Iguana s. v. w. Leguan) und rührt daher, daß die Zähne dieses Reptils mit ihrer spatelförmigen Gestalt und ihrer längs der doppelten schneideverlaufenden Kerbung an diejenigen der häufigen Kammeidechsen erinnern, deren nahezu dritthalbhundert Arten unter dem Familiennamen der Leguane vereinigt sind. Die Zähne des Iguanodon sind auf Pflanzennahrung eingerichtet, im Gegensatze zu anderen Dinosauriern, die hackige und scharfe Zähne besaßen und richtige Fleischfresser waren. Die heutigen Stammverwandten des Iguanodon, die eben genannten Leguane, nähren sich aber

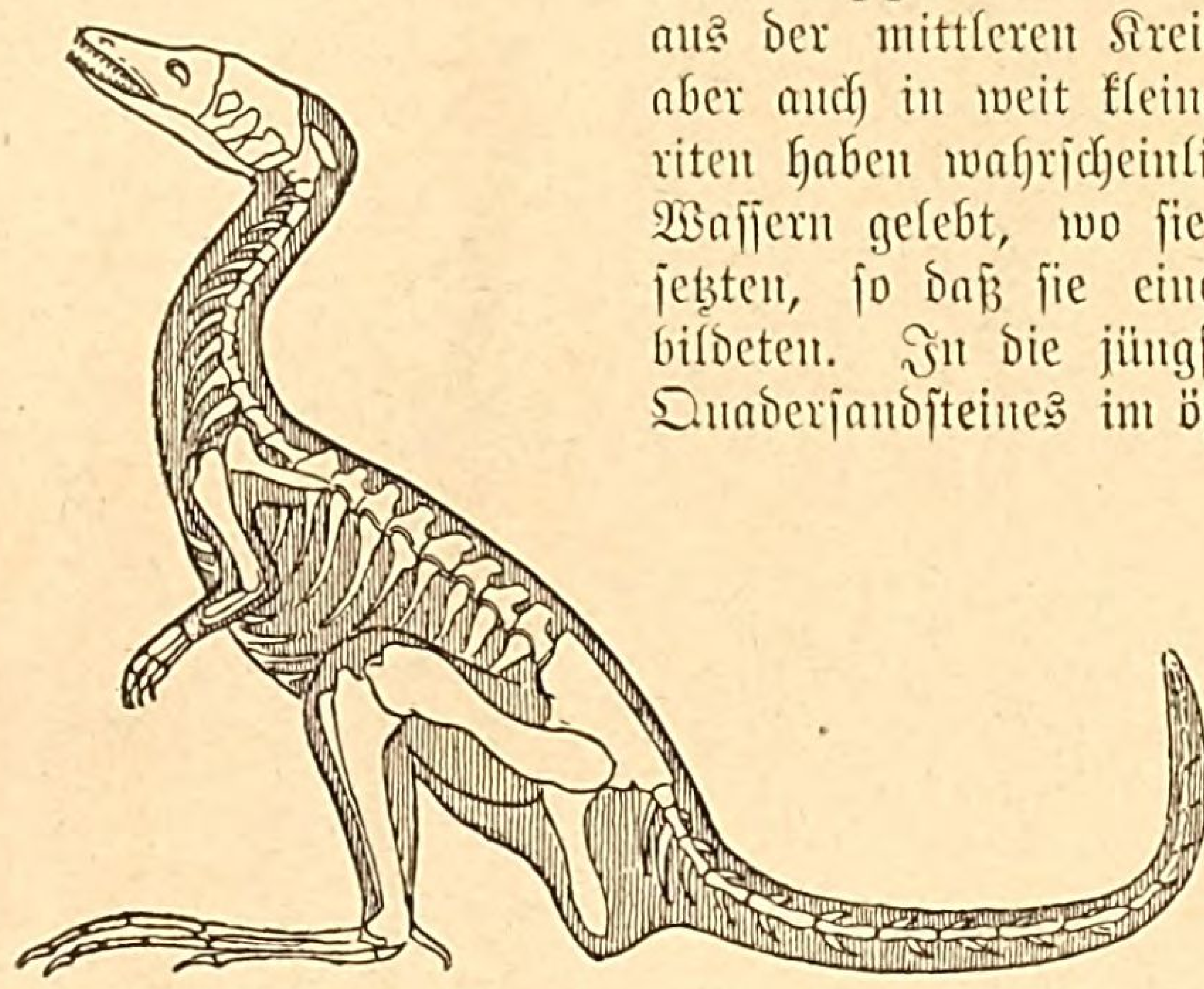
von beiderlei Kost, und man darf wohl annehmen, daß auch ihre Vorfahren aus der Kreidezeit in ähnlicher Weise auf ihren Lebensunterhalt bedacht gewesen sein werden. Als seltsame Formen seien der dreigehörnte Ochsensaurier mit über 2 m langem Schädel aus der Kreide Nord-Amerikas und der känguruhartige, zierliche Compsognathus, der auch in der Jurazeit schon vorkam, genannt. Die Vogelform ist in der Kreidezeit bereits zu voller Ausbildung gelangt, und wir bringen hier die Abbildungen des gezähnten Hesperornis regalis aus der mittleren Kreide von Kansas und des Ichthyornis aus der oberen Kreide von Nord-Amerika. Die Säugetiere, deren älteste Vertreter wir in der Jurazeit kennen gelernt haben, haben in der Kreidezeit keine erkennbaren Fortschritte gemacht; auch von Vögeln hat man nur in Amerika einzelne noch mit Zähnen versehene Formen vorgefunden. Dagegen zeigt sich in der Pflanzenwelt des Festlandes ein hochbedeutsamer Fortschritt in dem Auftreten der zweikeimblätterigen Decksamer, die die höchstentwickelte Klasse des Pflanzenreiches bilden.



Iguanodon und Melagosaurus.

Immer deutlicher tritt jetzt die Unterscheidung der klimatischen Zonen hervor; in der südlichen Zone kommt das Muschelgeschlecht der Hippuriten zu solcher Verbreitung, daß alle übrigen Formen in den Hintergrund treten. Es ist dies eine mit keiner Tierform der Gegenwart vergleichbare Muschel, die mit der Spitze einer ihrer Schalen festgewachsen, während die andere als Deckel darüber geklappt war. Man

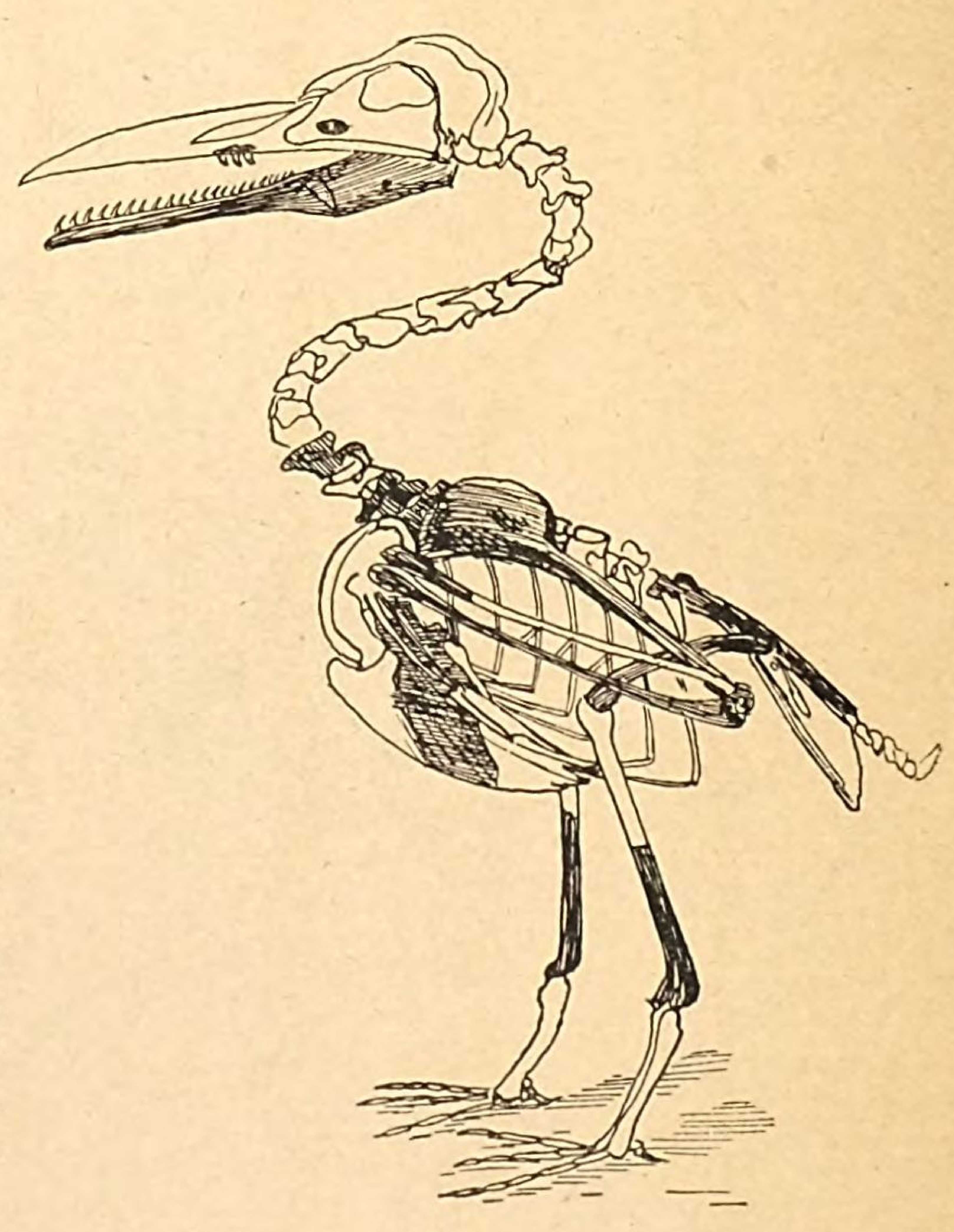
hat die Muscheln dieser Art, über deren eigentliche Natur man lange Zeit im Zweifel war, zu der Familie der Rudisten vereinigt. Unsere Abbildung zeigt eine Art dieser Familie, den Hippurites cornuvaccinum (Kuhhorn-Hippurit) aus der mittleren Kreidezeit, der bis zu 1 m Länge erreichte, aber auch in weit kleineren Exemplaren vorkommt. Die Hippuriten haben wahrscheinlich in der Nähe des Strandes in seichteren Wässern gelebt, wo sie sich reihenweise dicht nebeneinander festsetzten, so daß sie eine Art Riffe von mehreren Metern Höhe bildeten. In die jüngste Kreidezeit fällt auch die Bildung des Quadersandsteines im östlichen Deutschland, der bereits im vorigen Kapitel ausführlich gedacht worden ist, und die Ablagerungen der weißen Schreibkreide.



Känguruh-Reptil (Compsognathus longites).

Nicht nur Europa hat seine Kreideablagerungen, sondern diese finden sich auch in allen anderen Erdteilen; so Austernschalen in der Sahara, Rudistenkalke bis tief nach Innerasien hinein; Amerika hat da, wo der brasilianisch-äthiopische und der nearktische Kontinent des Jurameeres durch das westliche Mittelmeer desselben Zeitalters von einander getrennt waren, Afrika an jener Stelle des östlichen brasilianisch-äthiopischen Kontinents, die den Ausgang des äthiopischen Mittelmeer-Beckens zur Jurazeit an der Westseite desselben begrenzte und die im Verlaufe der Kreide wohl noch eine weitere Ueberflutung durch das Meer erfahren haben dürfte, seine Kreide-Ablagerungen.

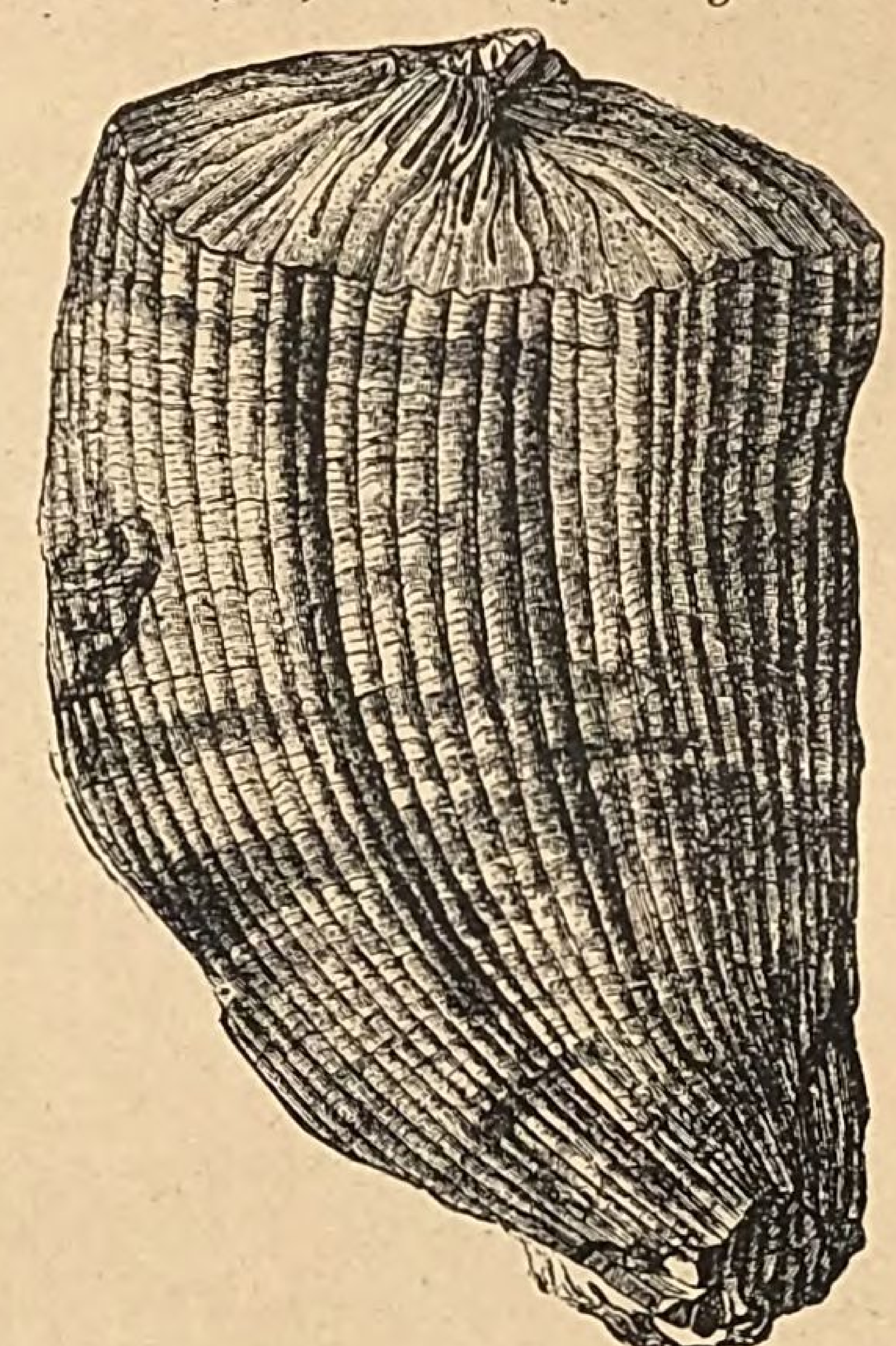
Ein neues geologisches Zeitalter trat mit der Bildung der känozoischen Formationen ein: die Tertiärzeit, die man in die Hauptformationsgruppen der Eocäne (neuzeitliches Morgenrot), Miocäne (minderneue Zeit, auch Molasse genannt) und Pliocäne (mehrneue Zeit) einteilt. Die organische Welt dieses Zeitalters steht derjenigen der Gegenwart schon viel näher als der ihm unmittelbar vorgegangenen Kreidezeit, zumal da gerade hinsichtlich der höchstentwickelten von allen Lebensformen: der Säugetiere, deren Entwickelungsgang im Verlaufe desselben sich außerordentlich beschleunigt hat, und der bereits in der Kreidezeit zur höchsten Entwickelungsform gediehenen Pflanzenwelt, in der die zweikeimblätterigen Decksamer allmählich das Uebergewicht gewinnen, bedeutende Fortschritte eintraten. Die Erdoberfläche erlangt ihre Ausgestaltung durch die Erhebung der großen Gebirge, die sich zwar, wie bereits erwähnt worden ist, schon im früheren Zeitalter vorbereitet hatte, jetzt



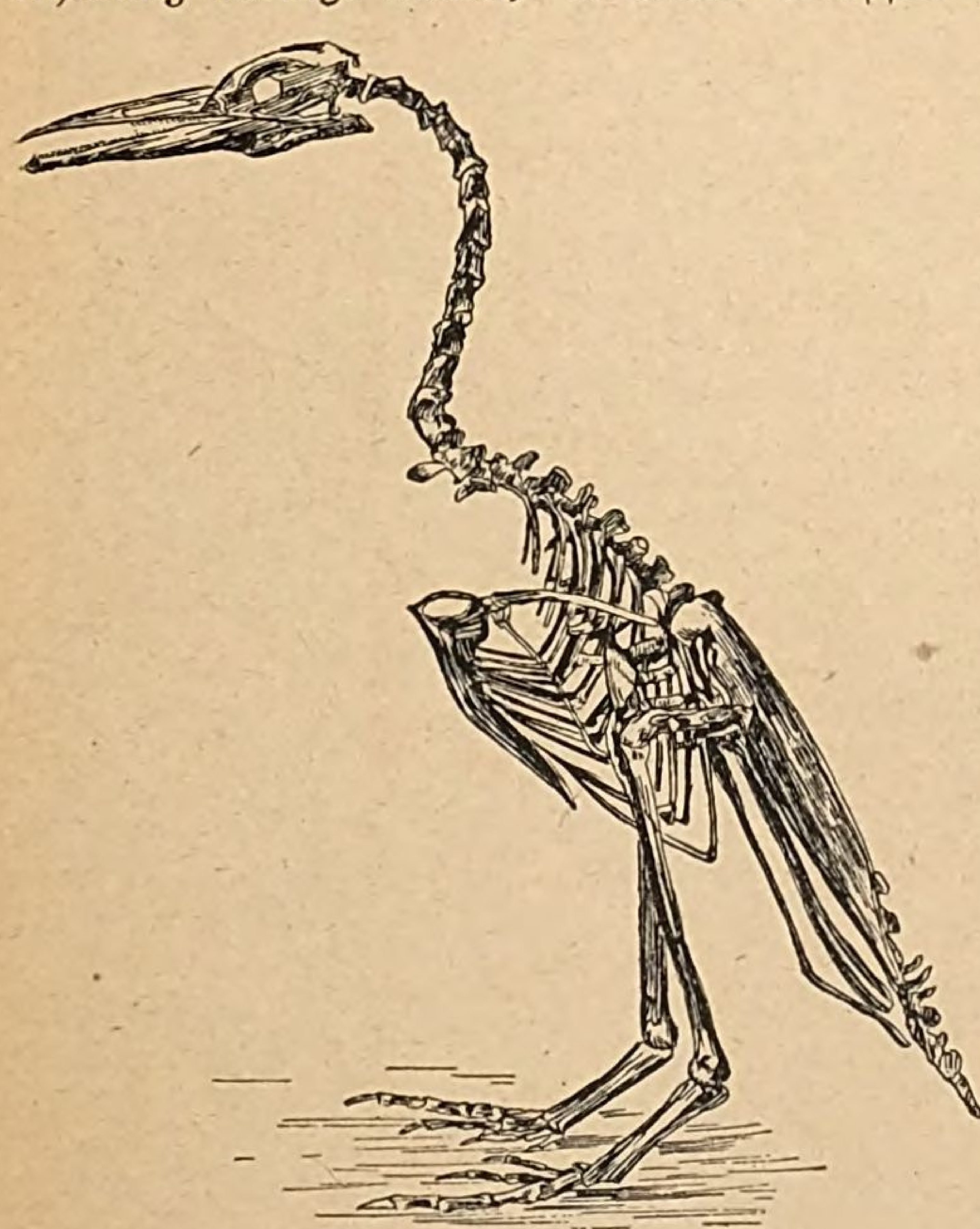
Ichthyornis.

(Die helleren Teile des Skelettes sind restauriert.)

aber ihre höchste Entwickelungsstufe erreichte. Vulkanische Ausbrüche großen Stils fanden, als die natürliche Folge der Spaltungen der Erdrinde, die anläßlich der letzten gewaltsamen Erhebungen der Gebirge eingetreten waren, längs dieser Spalten statt; es brachen jene mächtigen Basalt-, Trachyt- und Andesit-Massen hervor, die als sogenannte jungvulkanische Gebilde so wesentlich zur Gebirgsbildung dieses Zeitalters mit beigetragen haben. Eine weitere natürliche Folge der Gebirgserhebung war die Ausbildung der Stromgebiete und die Entstehung neuartiger Ablagerungen infolge der erhöhten und vervielfältigten mechanischen Leistungsfähigkeit des Wassers, das als Meteorwasser auf den Gipfeln und Kämmen der neuentstandenen Hochgebirge ein reiches Arbeitsfeld für seine zernagende und abtragende Thätigkeit fand. Die Ablagerungen der Tertiärzeit verändern im Vergleiche zu denjenigen früherer geologischer Zeitalter ihre Natur in der Weise, daß die brackischen und rein terrestrischen zu weit größerer Geltung gelangen, während sich die marinen (Meeres-) Ablagerungen allgemach auf die Niederungen und schließlich auf die Küstenlinien der Meere der Gegenwart beschränken. Die Gliederung der klimatischen Verhältnisse, die zu nicht geringem Teile durch die Erhebung der großen Gebirge verschärft wurde, machte in der Tertiärzeit weitere Fortschritte, deren Folge war, daß sich sowohl die Pflanzen- als auch die Tierwelt nach Himmelstrichen und sonstigen Bodenverhältnissen (so namentlich denjenigen, die durch die Verteilung von Wasser und Land und durch die Verschiedenheit der Bodenerhebung bedingt waren) in lokale Gruppen sonderte, so daß, wie auch in der Jetztzeit, bestimmte Verbreitungsgebiete für die einzelnen Arten erkennbar wurden. Allerdings entwickelte sich diese Sonderung ganz allmählich, und ihre Spuren sind vielfach bis zur Unkenntlichkeit verwischt. Es darf eben nicht übersehen werden, daß in dem Anpassungsvermögen der Lebewesen eine Widerstandskraft gegen die Veränderung der äußeren Lebensfähigkeit liegt, die bis zu einem gewissen Punkte den Einfluß dieser letzteren aufzuheben oder wenigstens zu verschieben vermag.



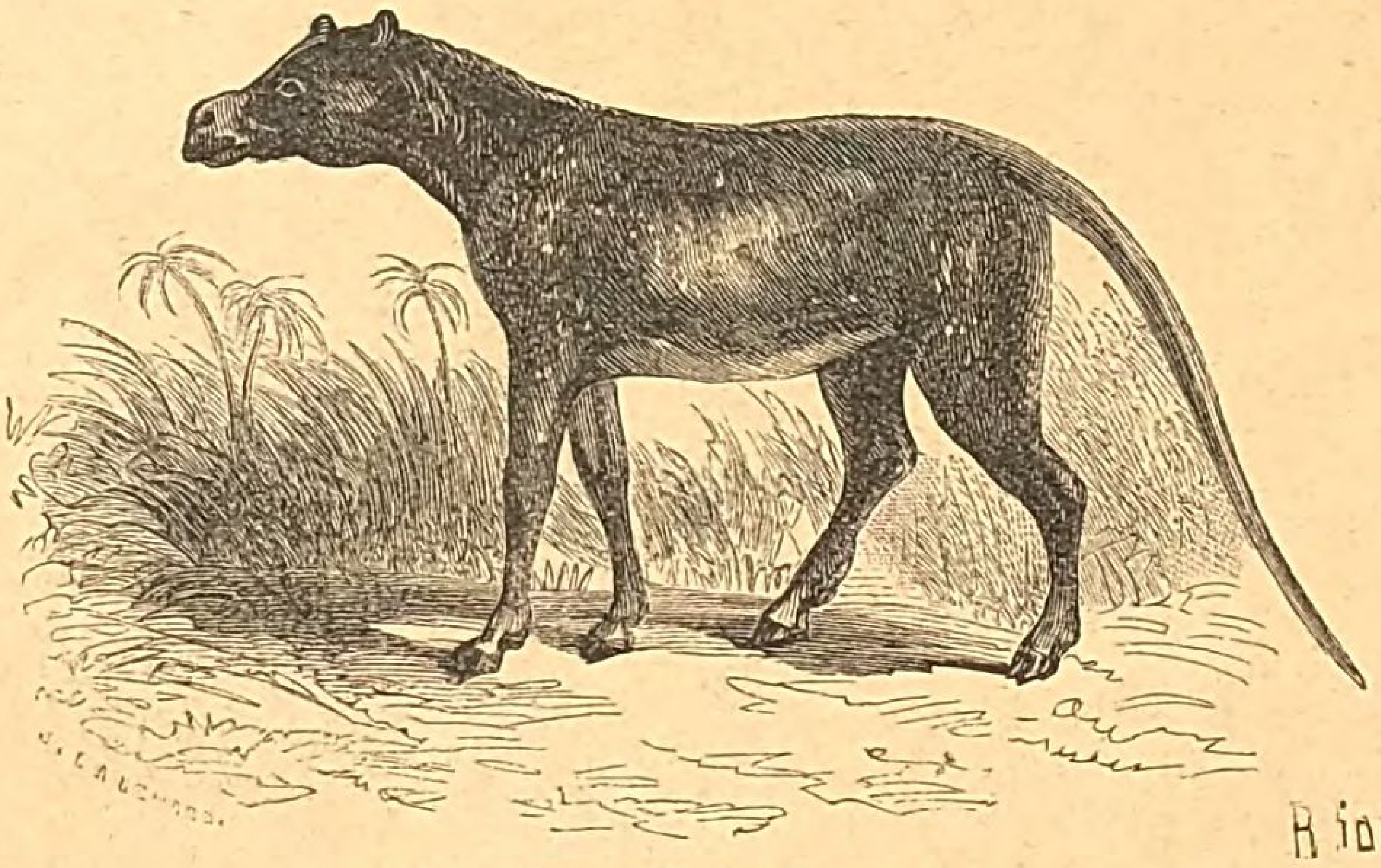
Kuhhorn-Hippurit
(Hippurites cornuvaccinum).
Aus Neumayr „Erdgeschichte".



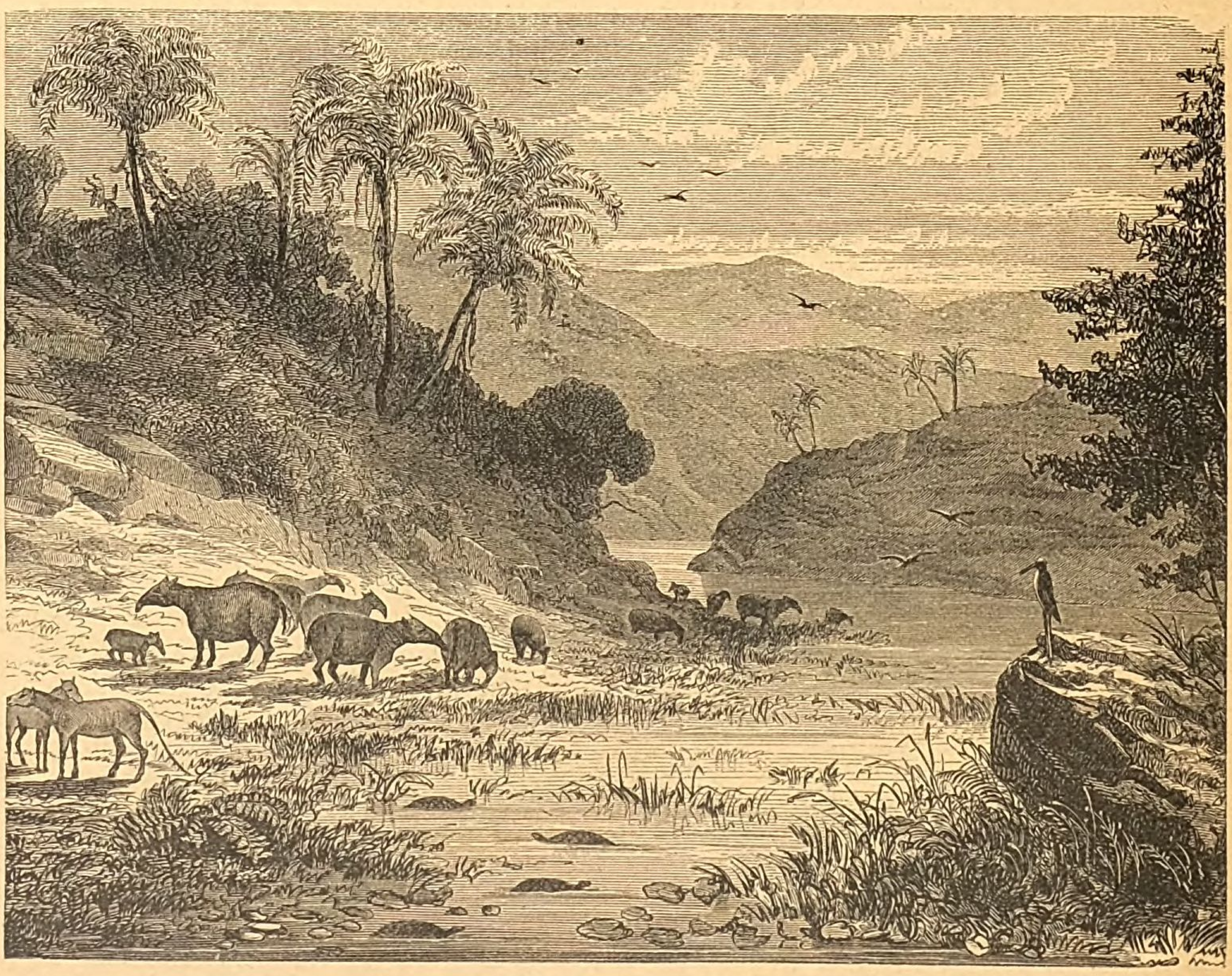
Hesperornis regalis.
Gezähnter Vogel aus der Kreide.

Schon in der älteren Tertiärzeit weichen die Meeresablagerungen von denjenigen der Kreidezeit in auffälliger Weise ab. Die Ammoniten und Belemniten, deren Niedergang wir schon in der vorhergegangenen Periode gesehen haben, sind nun gänzlich verschwunden; auch von den Brachyopoden, die früher eine so bedeutende Rolle gespielt hatten, bleiben nur noch die letzten Spuren übrig, und im Reiche der Muscheln und Schnecken, das jetzt in der niederen Tierwelt des Meeres zur Herrschaft gelangt, sucht man vergebens nach den

Rudisten und Trigonien, die früher eine leitende Bedeutung hatten. In den Ablagerungen des südlichen Europa haben die *Nummuliten*, deren schon früher in ausführlicher Weise gedacht worden ist, die Rolle übernommen, die in der Kreidezeit den Hippuriten zugekommen war. Für den Reichtum der Landflora, der zu jener Zeit auch in den nördlicheren Teilen Europas noch geherrscht hat, zeugen die Braunkohlen dieser Zeit, in denen Reste einer echt tropischen Pflanzenwelt eingeschlossen sind. Für die Tierwelt der älteren Tertiärzeit sind Huftiere charakteristisch, deren Körperbau die Merkmale der Wiederkäuer, Dickhäuter und Schweine in sich vereinigt. Wir nennen in erster Linie das *Paläotherium*, von welchem ein vorzüglich erhaltenes Skelett 1875 in der Deckschicht eines Stollens in den Gipsbrüchen von Vitry bei Paris gefunden wurde. In dem Gebiete der heutigen schwäbischen Alb muß aber dieses Tier in Tausenden von Exemplaren vorhanden gewesen sein, denn man findet hier Knochenüberreste desselben



Anoplotherium.

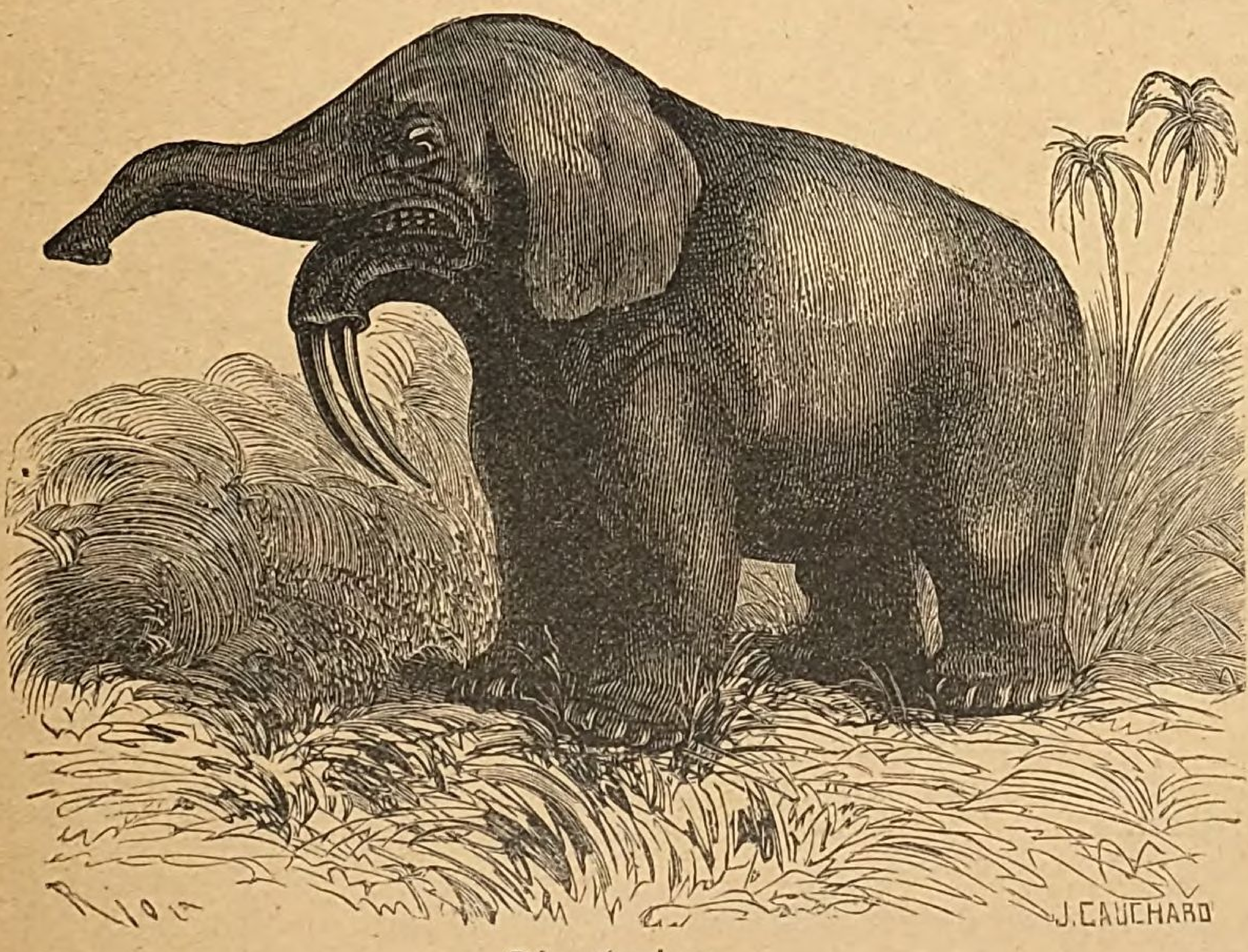


Idealandschaft der Eocäne.

massenhaft in die Spalten des Jurakalkes hineingeschwemmt. Das Paläotherium, das, zu einem Rudel vereinigt, die lebende Staffage unseres Landschaftsbildes der Eocäne bildet, zeigt in seinem Skelett eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den hochbeinigen pferdeähnlichen Tieren; nach Cuvier soll es aber einen tapirähnlichen Rüssel besessen haben, eine Ansicht, die noch bis heute ihre Gegner findet. Die Größe des Paläotheriums schwankte zwischen derjenigen des Schweines und der des Pferdes; man hält es für einen Vorfahr dieses letzteren und als ein Mittelglied zwischen Pferden und Tapiren. Näher den Dickhäutern stand das Anoplotherium, dessen Gebiß und Gesamtform Eigentümlichkeiten des Schweines und der Wiederkäuer in sich vereinigte. Seine Größe scheint nicht über diejenige eines kleinen Hirsches hinausgegangen zu sein; während das Paläotherium dreizehig war, hatte das Anoplotherium nur zwei Zehen. Sein gedrungener Hals erinnert an denjenigen des Esels; der Schwanz war von außerordentlicher Länge und soll nach Cuvier den Zweck gehabt haben, dem Tiere, das in Flüssen, Seen und Sümpfen heimisch gewesen zu sein scheint, als Steuerruder zu dienen.



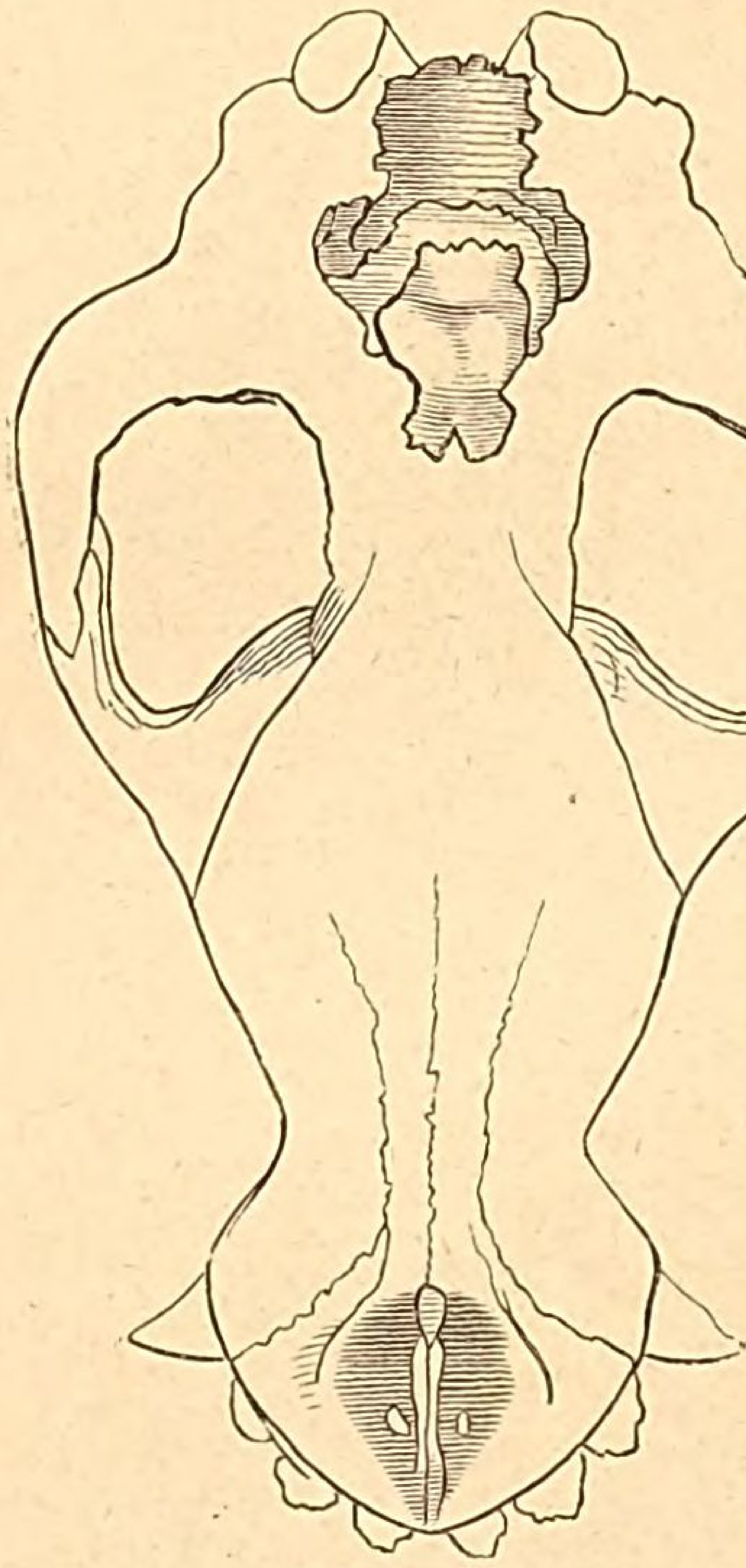
Paläotherium.



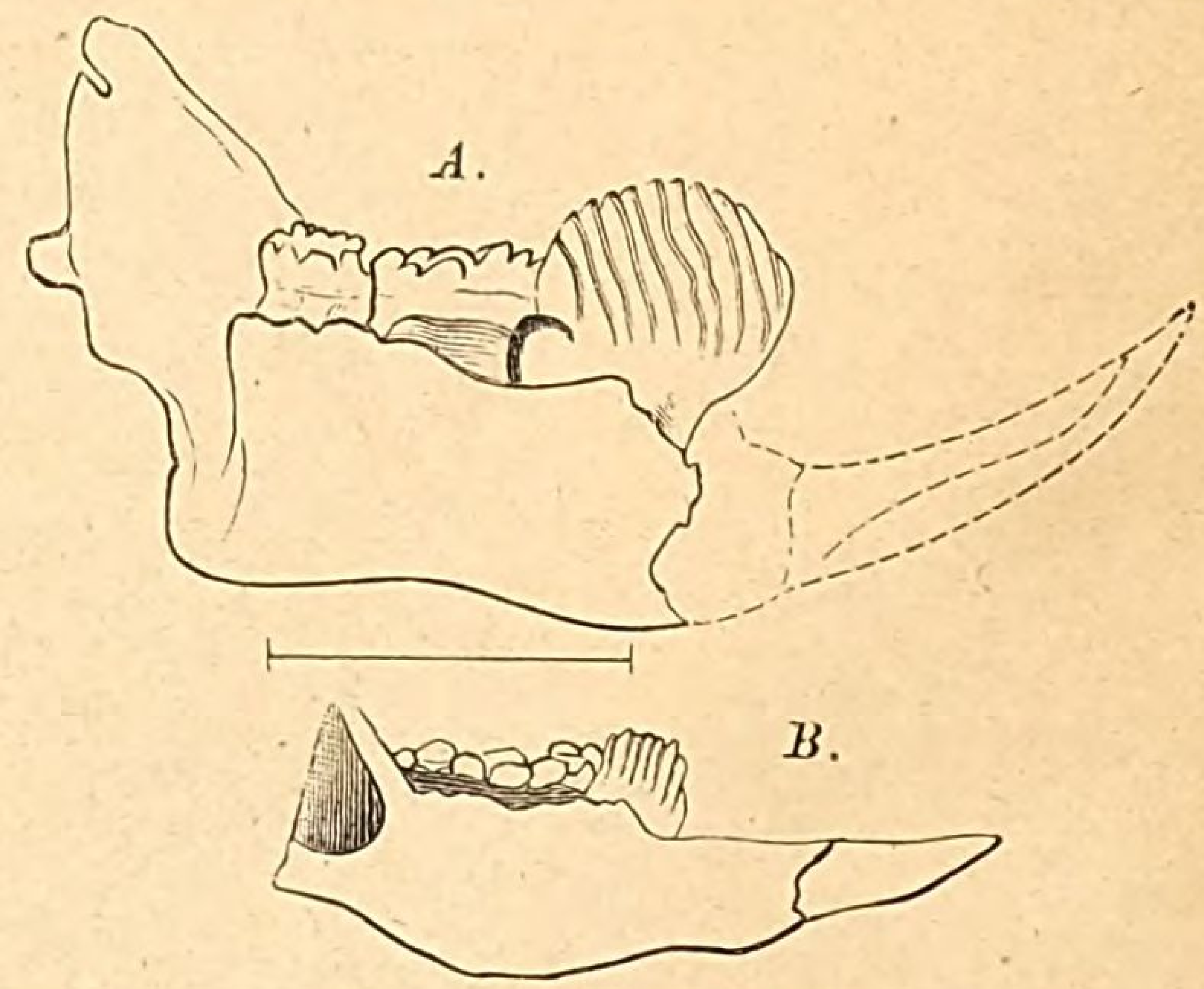
Dinotherium.

Das Anoplotherium kam im jüngeren Eocän in vielen Untergattungen und Arten reichlich vor, scheint aber von geringer Anpassungsfähigkeit gewesen zu sein, da es ohne nachweisbare

neuere Uebergangsform plötzlich wieder verschwand. Als älteste Form der Huftiere glaubt man das Coryphodon ansehen zu sollen, dessen Schädel in oberer Ansicht unsere untenstehende Abbildung darstellt. Es hatte die Größe des Nashorns und seine 44 Zähne lassen ihrer Bauart nach auf Pflanzen- und Fleischnahrung schließen. Das Gehirn dieses Tieres, das sich in wohlerhaltenen Abdrücken vorgefunden hat und nach denselben wieder hat herstellen

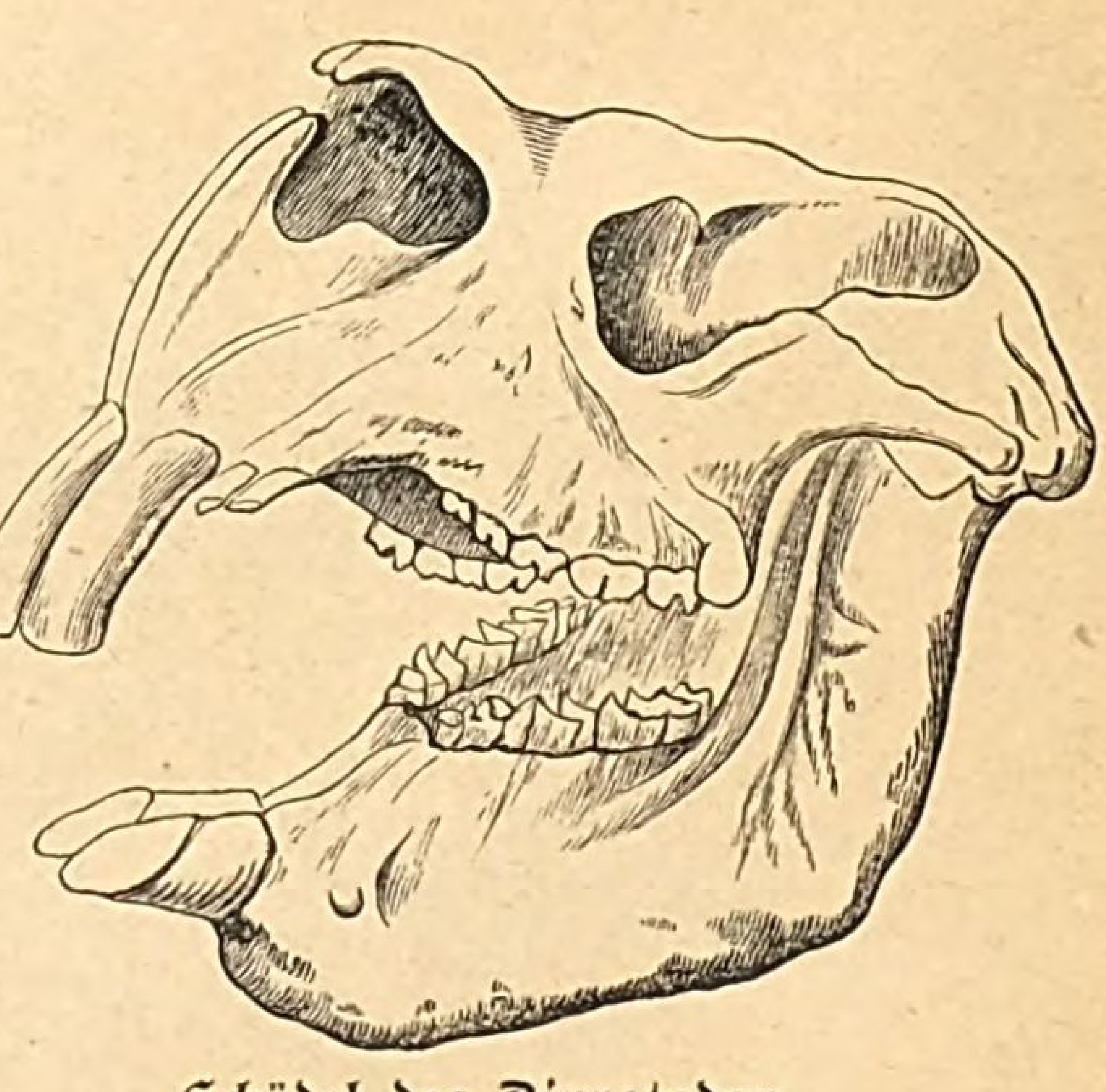


Coryphodon.



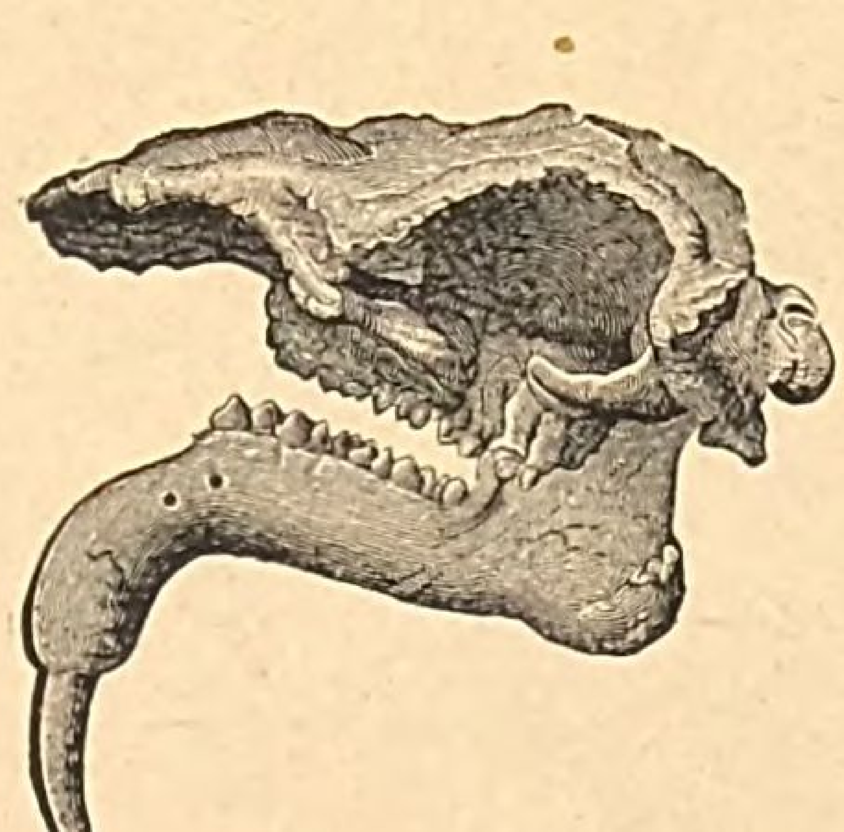
Unterkiefer von Neoplagiaulax.

Der unter A in dreifacher Vergrößerung abgebildete Kiefer wurde im älteren Eocän in der Nähe von Rheims gefunden. Wegen seiner nahen Verwandtschaft mit dem aus der Kreide stammenden Plagiaulax hat man das Tier Neoplagiaulax genannt. Der daruntergestellte Kiefer (B) gehört dem jetzt in Australien lebenden Zwergkänguruh an, so daß sich hier eine nahe morphologische Verwandtschaft von der Gegenwart bis an die Sekundärzeit feststellen läßt.



Schädel des Diprotodon,

eines riesigen Känguruhs aus der australischen Tertiärzeit. Der in $^1/_{10}$ Verkleinerung dargestellte Schädel mißt fast 1 m in der Länge und gehörte seinem Gebisse nach offenbar einem Pflanzenfresser an. Nach Owen soll ihm jedoch das Vermögen zu springen nicht eigen gewesen sein.



Dinotherium-Schädel.

lassen (auf unserer Abbildung ist dasselbe gleichfalls zu sehen), läßt wegen seiner Kleinheit und der glatten Oberfläche des Großhirnteiles auf einen niederen Typus schließen und erinnert sehr an das Reptilgehirn. Andere Säugetiere der älteren Tertiärzeit waren das Anthrakotherium, das unserem Schweine ähnelte, das Elasmotherium von Nashorngröße und das zierliche, gazellenähnliche Xiphodon. An Raubtieren scheint die Eocäne

noch recht arm gewesen zu sein, so daß man sich dieselbe bei dem üppigen Pflanzenwuchse, dessen dieses Zeitalter sich erfreute, gar wohl als eine Art Paradies für die damalige Lebewelt vorstellen kann. Neben den vorgenannten Säugetieren höherer Art gab es auch echte Beuteltiere (unsere Abbildungen auf S. 444 zeigen zwei Schädel von solchen), Nager und — in geringer Formenzahl — Fleischfresser. Die Insektenwelt der Eocäne hatte sich zu hohem Reichtum entfaltet; Zeugnis legen hiervon die Einschlüsse der Bernsteinschichten bei Königsberg ab.

Im Verlaufe der jüngeren Tertiärzeit entwickelten sich die zur Herrschaft gelangten Arten immer reicher, und die Säugetiere näherten sich in ihren Formen mehr und mehr denjenigen der Gegenwart.

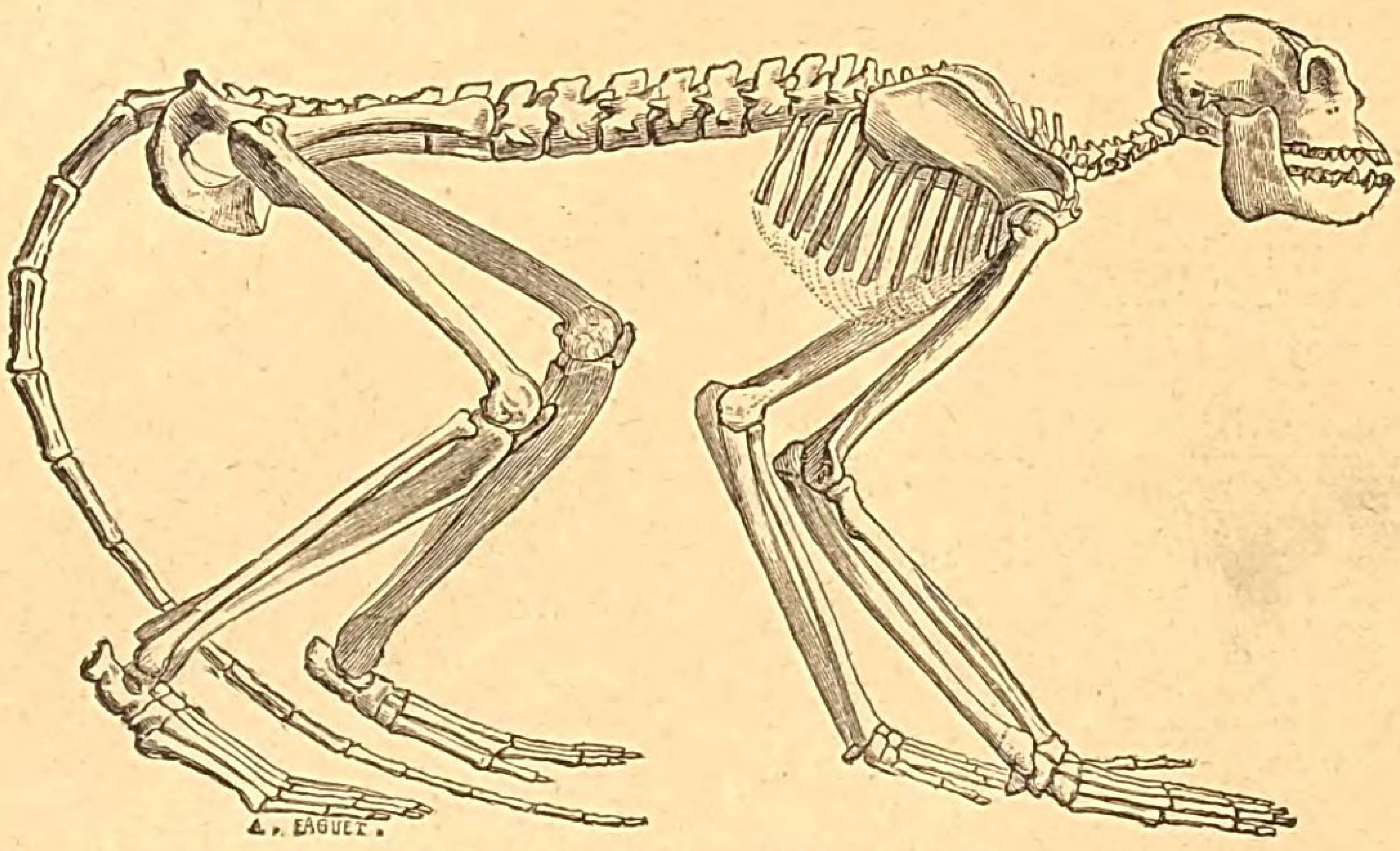


Ideale Landschaft der Miocäne.

Die Pflanzenwelt der jüngeren Tertiärzeit vereinigt die Typen des wärmeren Südens mit jenen des Nordens: wir finden die Palme, den Lorbeer, die Myrthe und den Feigenstrauch neben unseren heimischen Bäumen, der Weide, Birke, Pappel und Eiche, dem Ahorn und dem Nußbaum.

Unser ideales Landschaftsbild der Miocäne zeigt noch vollständig den Charakter einer der tropischen sich nähernden Flora, und die kahlen Kalkfelsen im Hintergrunde verleihen demselben ein ernstes Gepräge. Im Vordergrunde rechts sehen wir das Dinotherium, eine der Urformen des Elephanten, deren Lebensdauer indes nicht über dieses Zeitalter hinausreichte. Im Jahre 1837 wurde unweit Mainz in den tertiären Bodenschichten ein Schädel dieser Tierart gefunden. Derselbe maß 1 m in der Länge und blieb der wichtigste Teil, den wir vom Dinotherium besitzen, denn ein vollständiges Skelett desselben ist noch

nirgends gefunden worden. Stoß- und besonders Backzähne des Dinotheriums sind in den obertertiären Schichten Deutschlands, der Schweiz und Frankreichs, auch in Griechenland und Indien, wiederholt vorgekommen; man konnte daher wenigstens den Kopfteil des Dinotheriums zur Not rekonstruieren. Nach der Größe des Kopfes muß die Länge des Tieres im Vergleich mit anderen bekannten Säugetieren mindestens 4 m betragen haben. Da die Schädelbildung im Ganzen wie in gewissen Einzelheiten große Aehnlichkeit mit derjenigen der Seekühe zeigt, so haben viele Naturforscher das Dinotherium zuerst für ein



Halbaffenskelett aus der Miocäne.

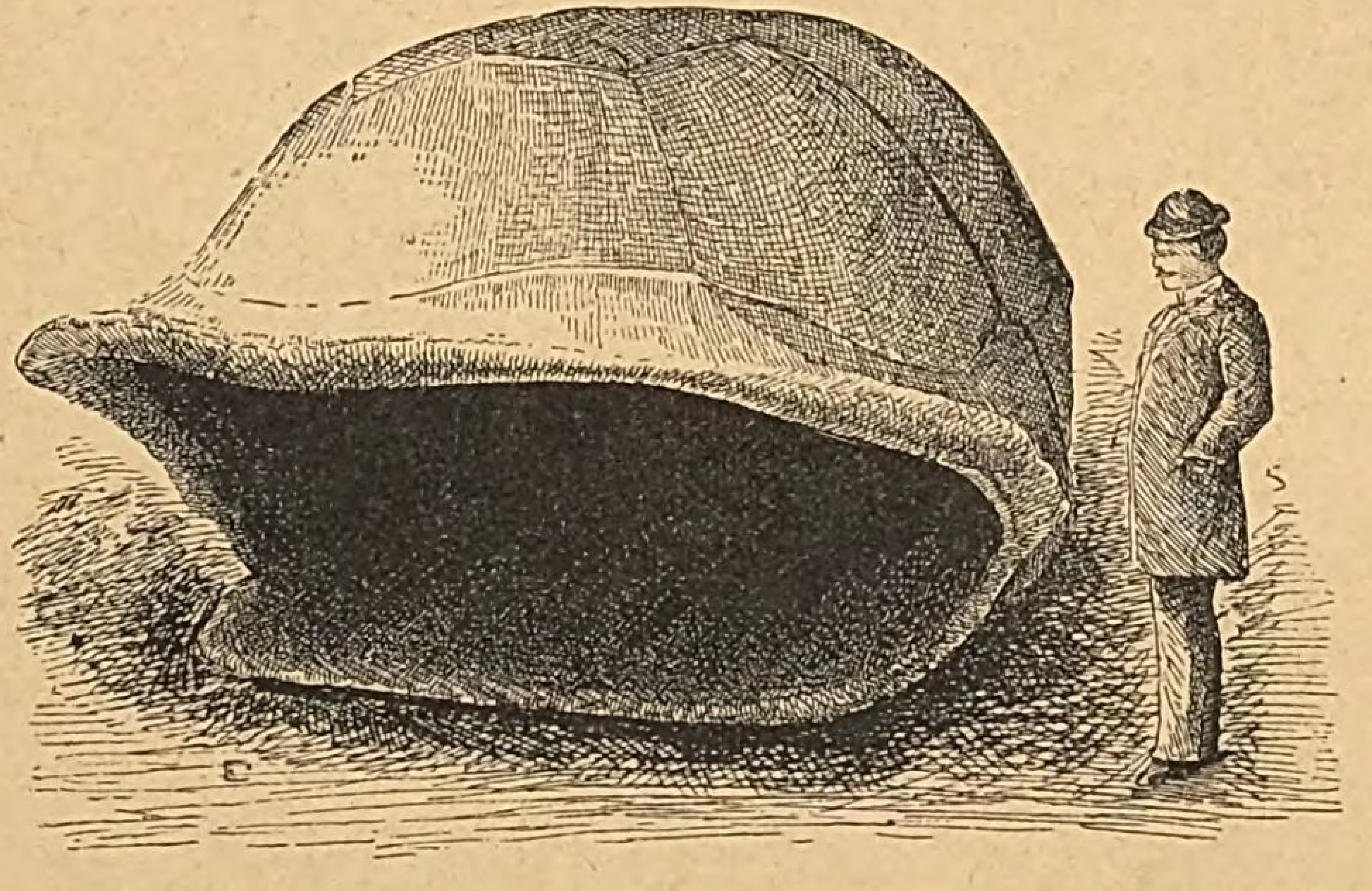
Wassertier gehalten; doch fand man später die beinahe vollständigen Fußknochen seines Skelettes- und gewann infolgedessen die Ueberzeugung, daß das Dinotherium ein dem



Ideallandschaft der Pliocäne.

Elephanten näher verwandtes Rüsseltier gewesen sein muß. Die Zähne dieses Tieres gleichen denjenigen des Tapirs; der Unterkiefer zeichnet sich durch die beiden Vorderzähne aus, die außerordentlich groß und nach unten und hinten gebogen sind, wie unsere Abbildung auf S. 443 zeigt. Näher als das Dinotherium steht unserem Elephanten das Mastodon, das auf unserem Bilde eine erhöhte Stellung im Mittelgrunde links einnimmt. In ihm müssen wir den eigentlichen Ahnherrn des Elephanten der Gegenwart erblicken, obgleich es sich durch seine Bezahnung auch dem Tapir nähert. In jedem Kiefer waren meist zwei oder noch mehr Backzähne vorhanden, die zahlreiche zu Querjochen vereinigte Höcker trugen. Den aus dem Oberkiefer ziemlich gerade hervorragenden langen Stoßzähnen waren bei einigen Formen auch kürzere beigesellt, die ihren Sitz im Unterkiefer hatten. Das Mastodon war etwa um ein Drittel kleiner als der Elephant; nur eine Art, von Cuvier als großes Mastodon bezeichnet, erreichte die Größe desselben. In Europa findet man seine Ueberreste im Thale des Arno, in Amerika in den Cordilleren häufig; vom großen Mastodon findet man an zahlreichen Punkten Amerikas ungeheure Mengen von Ueberresten. Die Indianer von Canada und Luisiana haben dieselben zum Gegenstande der Volkssage gemacht. Sie nennen das Tier, dem diese Knochen entstammen, den „Vater der Rinder". Als der große Wanitu (die Gottheit) zur Erde niederstieg, um zu sehen, ob seine Geschöpfe auch glücklich seien, befragte er alle Tiere darnach. Der Büffel antwortete ihm, daß er mit seinem Schicksale zufrieden sein und in den fetten Prärien, deren Gras ihm bis an den Leib heranreichte, sich völlig glücklich fühlen würde, wenn er nicht immer die Augen nach den Bergen hin richten müßte, aus Furcht, der „Vater der Rinder" könnte jeden Augenblick wütend von dort herabkommen, um ihn und die Seinen zu verschlingen. Deshalb entschloß sich der große Wanitu, das gefürchtete Ungetüm zu vernichten, und er zermalmte das ganze Geschlecht mit Ausnahme eines einzigen Männchens, das größer und stärker als alle war, und, sein Haupt dem Donnerkeile des Gottes entgegenstreckend, diesen weit von sich weg schleuderte. Dabei trug es allerdings eine Wunde davon, und dies veranlaßte es, sich nach den großen Seen hin zurückzuziehen, wo es sich noch heute verbirgt.

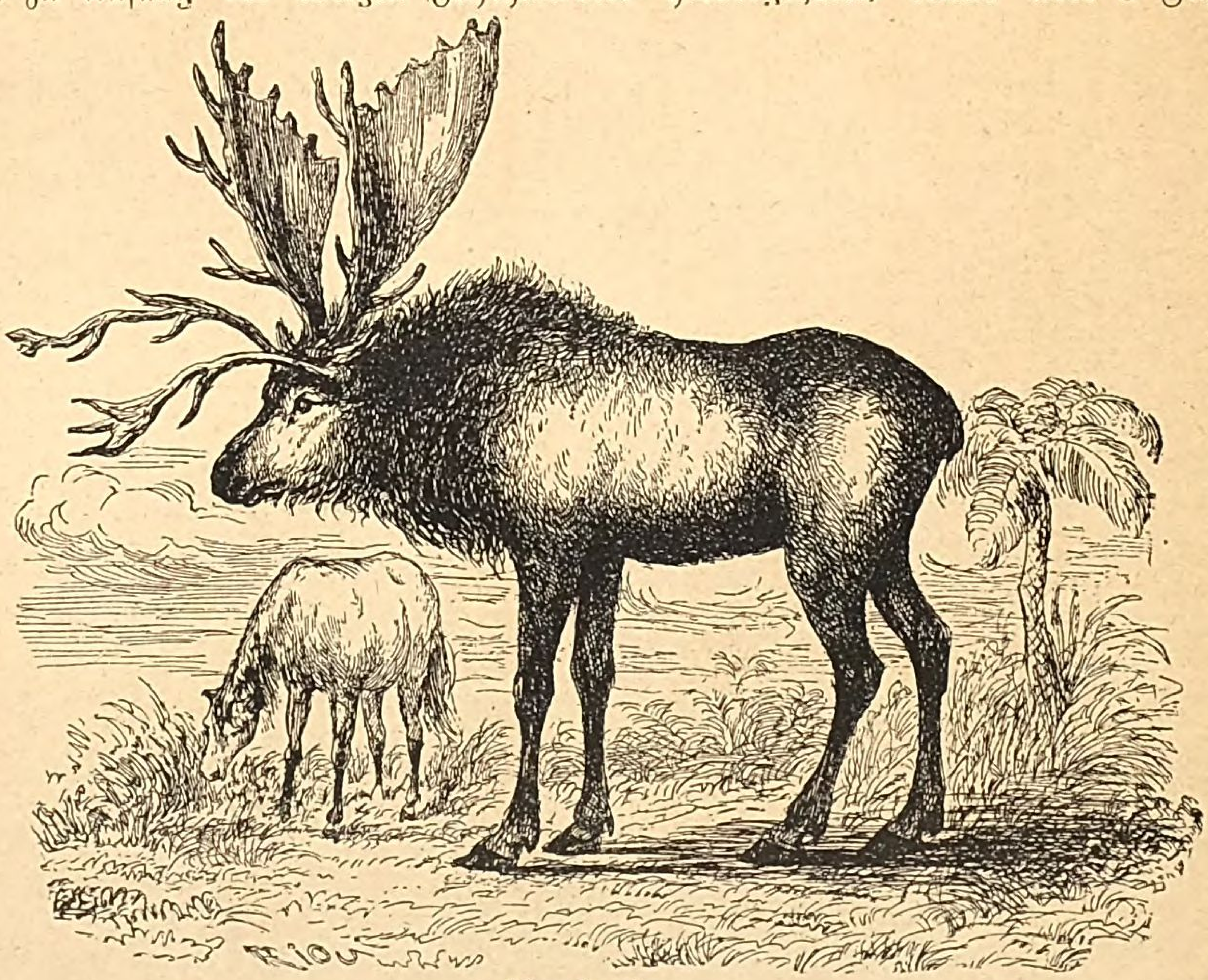
Außer den vorgenannten Tieren finden wir in unserem Landschaftsbilde auch das Nashorn und den Affen vertreten, letzterer zu den langschwänzigen Meerkatzen gehörig, wie sie noch in der Gegenwart in Bengalen und auf Ceylon angetroffen werden. Das Skelett eines solchen miocänen Halbaffen wurde in den Süßwassermergeln des südlichen Frankreich gefunden; der durch diese Entdeckung angeregte Forscherfleiß blieb nicht ohne Erfolg, denn man fand später solche Reste auch noch in den älteren Tertiärschichten der schwäbischen Alb, in der Braunkohle bei Elgg in der Schweiz, und in Nordamerika hat man eine breitnasige Affenart mit 36 Zähnen entdeckt. Der letzte Abschnitt der Tertiärzeit wird nach Lyell **Pliocän***)



Riesenschildkröte (Colossochelis Atlas)
aus dem indischen Obermiocän.

*) Andere Geologen haben eine Vierteilung der Tertiärzeit vorgenommen und zwischen Eocäne und Miocäne eine Uebergangsperiode eingefügt, die **Oligocäne** genannt wird. Noch andere hielten eine Zweiteilung für ausreichend und faßten Eocän und Oligocän als **Alttertiär** oder **Paläogen**, Miocän und Pliocän als **Neutertiär** oder **Neogen** zusammen. Die darauffolgende Quartär- oder Diluvialzeit wird als **Pleistocän**, d. h. „meist neue Zeit", bezeichnet.

genannt. Die Grenzscheide zwischen Miocäne und Pliocäne bilden jene gewaltigen Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land, welche die im Ganzen noch gegenwärtig herrschenden Verhältnisse der Gestaltung der Erdoberfläche herbeigeführt haben. Unsere Ideallandschaft der Pliocäne läßt die Gebirgserhebungen bereits in vollendeter Entwickelung, eine reiche Entfaltung des fließenden Wassers und einen Pflanzenwuchs erkennen, der viel Aehnlichkeit mit demjenigen unserer Gebirgsthäler zeigt. Am Strande grast das Rind und der majestätische Riesenhirsch jener Zeit; neben diesen uns anheimelnden Tiergestalten erblicken wir aber auch das Flußpferd und das Mastodon. Ganz vorn am unteren Bildrande sehen wir aus dem Schilf ein molchartiges Tier auftauchen, das unser Interesse nur deshalb in Anspruch nimmt, weil es seiner Zeit einen frommen deutschen Gelehrten in recht heimtückischer Weise in die Irre geführt hat. Es ist dies der aus dem Oeninger Süßwasserkalk zu Anfang des vorigen Jahrhunderts hervorgeholte, etwas über 3 Fuß lange



Sivatherium.

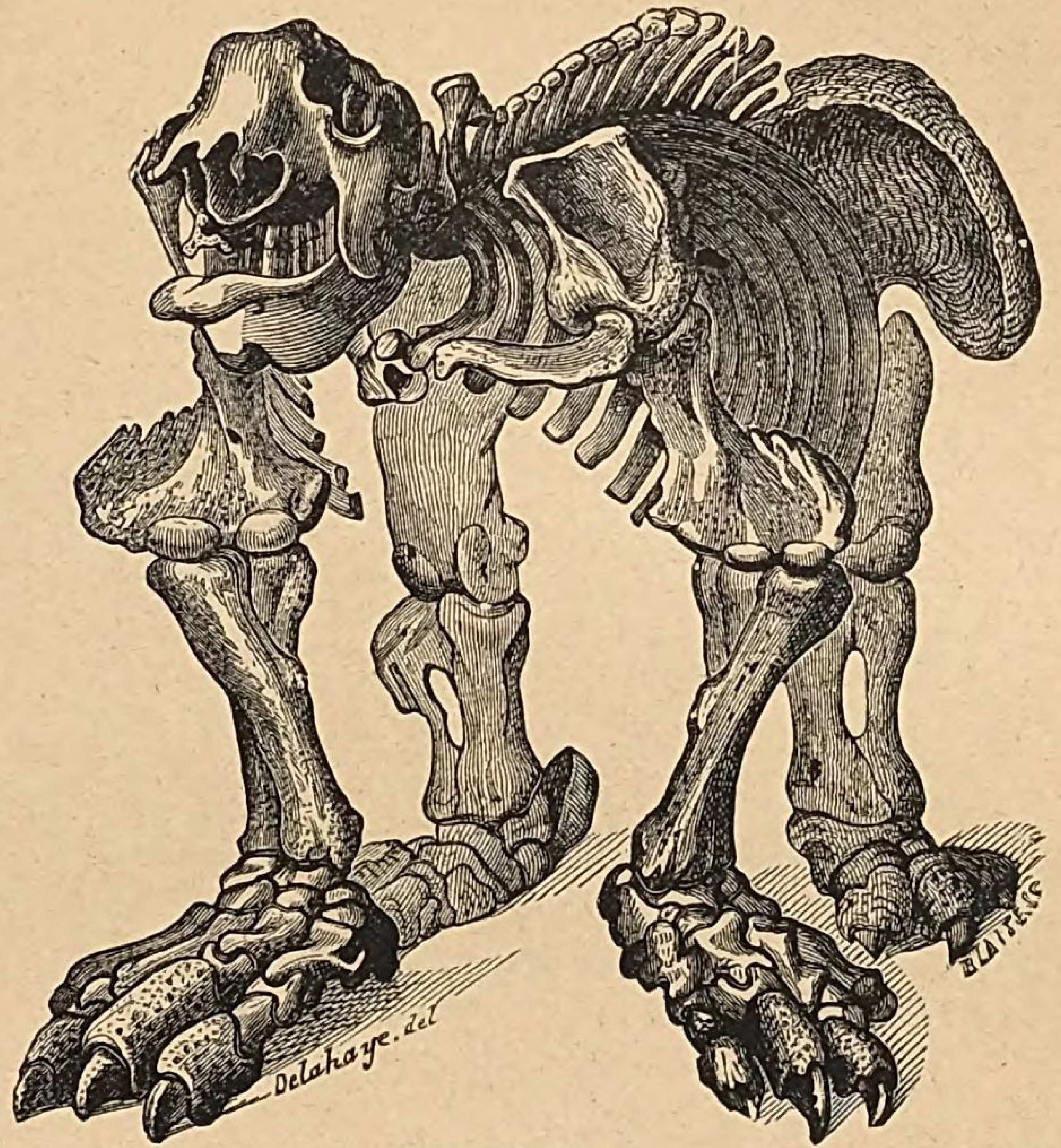
Andrias Scheuchzeri, den der Baseler Professor Scheuchzer, von dem er den Namen erhalten hat, seines runden, dicken Schädels wegen, der mit seinen großen Augenhöhlen fast einem Totenkopf ähnlich sieht, für einen vorweltlichen Menschen hielt, dem er die salbungsvollen Verse widmete:

„Betrübtes Beingerüst von einem alten Sünder
Erweiche, Stein, das Herz der neuen Bosheitskinder!"

Man stellte die Steinplatte in Paris öffentlich zur Schau aus, und so bekam auch Cuvier sie zu Gesicht und erkannte die darauf zurückgelassene Spur als diejenige eines Molches, der noch jetzt lebende Verwandte im südlichen Japan besitzt.

Hatte sich Scheuchzer aber auch in der Person geirrt, so war er, was die Sache selbst betrifft, doch der richtigen Spur ziemlich nahe. Das Zeitalter, dem jener verkannte Molch angehörte, hatte nämlich eine Entwickelungsform des Säugetierkreises hervorgebracht, die dem Menschen sehr nahe stand, in einem ihrer Zweige sich vielleicht sogar schon bis zum Urtypus dieses höchst entwickelten aller Lebewesen ausgestaltet hatte. Sicher ist, daß in der Tertiärzeit bereits echte Affen vorhanden waren, und ebenso sicher ist es, daß der

Mensch seiner ganzen Bauart nach nicht ein direkter Nachkomme dieser echten Affen sein kann. Aber weshalb sollte die bereits früher betonte, außerordentlich rasche Entwickelung der ganzen Säugetierklasse, die sich im Verlaufe der Tertiärzeit abgespielt hat und so mannigfaltige neue Formen schuf, bloß einseitig in der jüngeren Richtung fortgesetzt haben, als deren Endpunkt wir den echten Affen kennen, und warum sollte sich nicht aus einem anderen Zweige der affenähnlichen Tiere diejenige Urform herausgebildet haben, aus der der Mensch, den wir in Europa bereits in den ersten Anfängen der nächsten geologischen Periode, des Diluviums finden, hervorgegangen ist?! Wir werden auf diese Fragen im letzten Abschnitt unseres Buches des Näheren zurückkommen und wollen hier nur erwähnen, daß man ähnliche Spuren, wie jene, aus denen mit Sicherheit auf das Vorkommen des Menschen in der Diluvialzeit geschlossen wird, auch schon in der Tertiärzeit aufgefunden hat. Es waren die Feuersteinsplitter, deren Aussehen zu der Annahme zu berechtigen schienen, daß sie von Menschenhand bearbeitet worden seien. Auch ein 1856 in einer Kalkgrotte des Neanderthales bei Düsseldorf aufgefundener Schädel von hochgradig tierischen Formen, der sogenannte Neanderschädel, ist als Beweis des Vorhandenseins eines Menschentypus angesehen worden, der in seiner Entwickelung verhältnismäßig weiter hinter dem Menschen zurückstand, als die verschiedenen Affentypen aus der Tertiärzeit hinter den Affen der Gegenwart, so daß die Schlußfolgerung nicht ungerechtfertigt erscheinen würde, daß dieser Schädel, der jedenfalls kein Affenschädel ist, einem tertiären Urmenschen angehört habe. Man hat indes die Beweiskraft der hier erwähnten Fundstücke entschieden angefochten, und in der That sprachen sie nicht deutlich genug für die Richtigkeit der daran



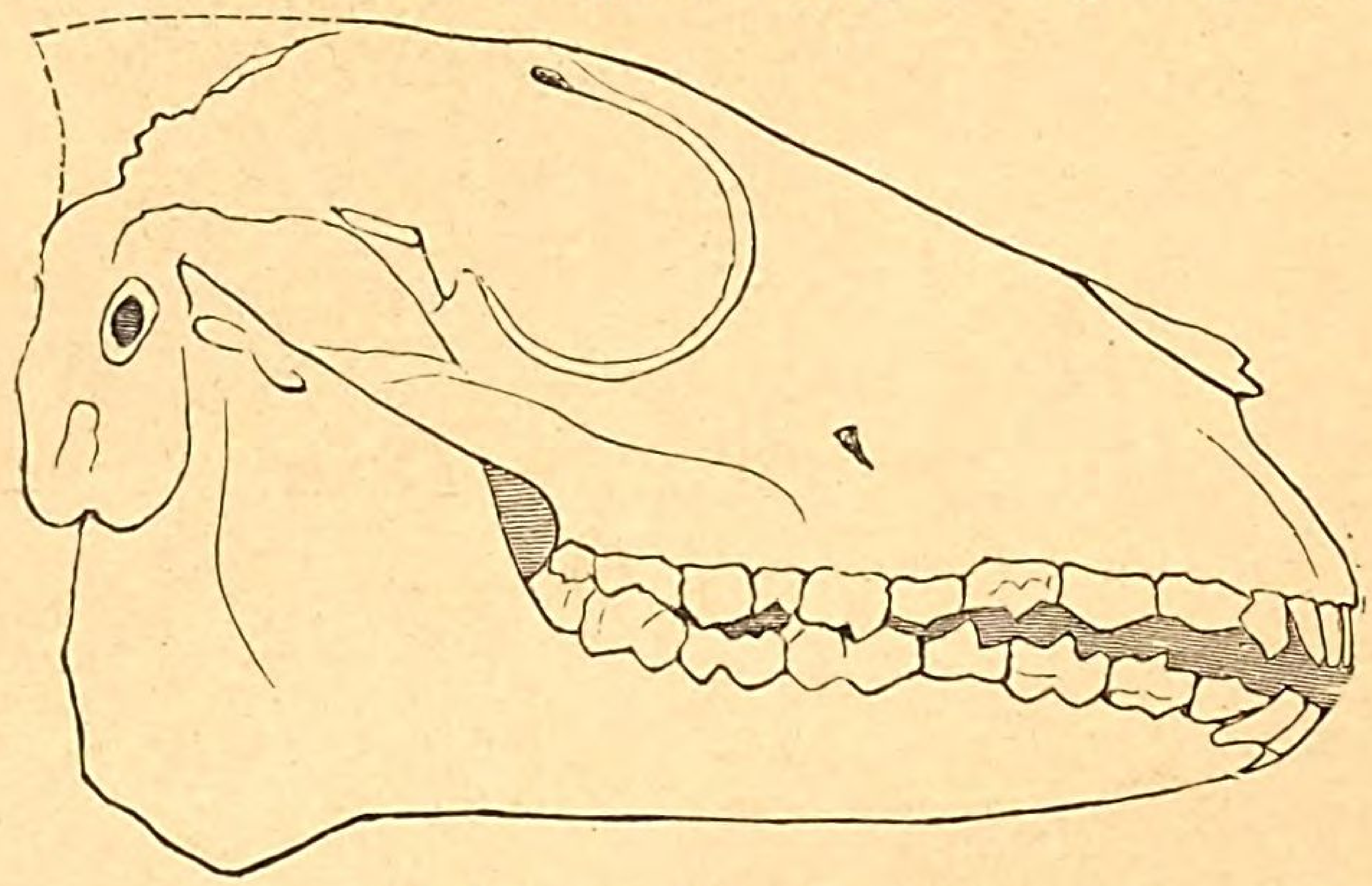
Megatherium.



Mylodon.

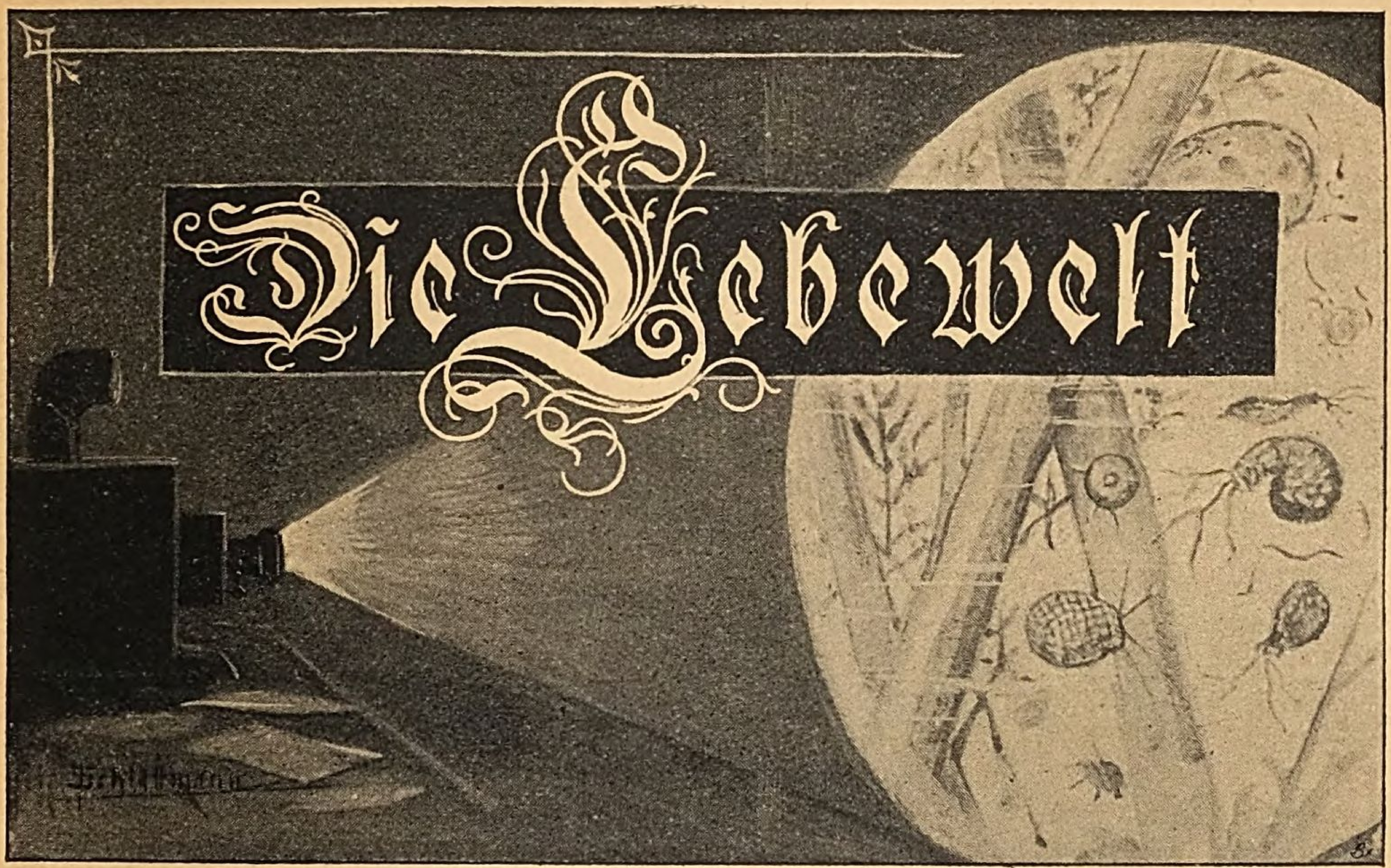
geknüpften Schlußfolgerungen, um jenen Widerspruch von sachkundiger Seite zu entkräften. Damit ist aber keineswegs ausgeschlossen, daß in der Tertiärzeit Vorläufer des Menschengeschlechts bereits vorhanden waren, ja es ist vielmehr mit Sicherheit anzunehmen, daß dieselben bereits ziemlich weit entwickelt sein mußten, um das thatsächliche Vorkommen des Menschen in der Diluvialzeit erklärlich erscheinen zu lassen.

Was die übrigen Tierformen der Pliocäne betrifft, so nähern sich dieselben bereits sehr denjenigen der Gegenwart, wenn sich auch noch riesige Formen vorfinden, wie z. B. diejenige der Riesenschildkröte (Colossochelys Atlas), die eine Länge von 20 Fuß erreichte und deren Panzer bei 12 Fuß Länge 8 Fuß in der Höhe maß; oder das Megatherium, das ebenso wie das ihm nahe verwandte Mylodon dem heutigen Faultier am nächsten verwandt ist und ganz gewaltige Körpermaße erreichte. Auch das an unser Elen erinnernde Sivetherium war von ansehnlicher, die verwandten Formen der Gegenwart weit übertreffender Größe. Von den Huftieren, von denen wir schon in der Miocäne zierlichen Formen, darunter dem unserem heutigen Zwergmoschustiere ähnlichen Cainotherium (dessen Schädel unsere nebenstehende Abbildung zeigt) begegnen, zweigten sich jetzt die Antilopen und Pferde ab, und auch andere zahlreiche Säugetiergeschlechter der Gegenwart waren bereits in der Pliocäne vorhanden.


Schädel von Cainotherium.

In dieser jüngsten Tertiärzeit fanden sich auf deutschem Boden noch zwei größere Meeresbecken vor, deren eines, das sogenannte Mainzer Becken, die Niederungen des Rheines, das andere, das Wiener Becken, einen Teil des Donaugebietes überflutete. Letzteres griff zur Miocänzeit mit einzelnen Meeresarmen noch tiefer in das Festland ein und erstreckte sich bis an die Seebecken am Nordrande der Alpen.

Auf die Tertiärzeit folgte dasjenige geologische Zeitalter, das die Einleitung des gegenwärtigen Entwickelungsstandes der organischen Welt gewesen ist. Wir haben bereits im vorigen Kapitel die geologische Beschaffenheit dieses Abschnittes der Entwickelungsgeschichte der Erdrinde kurz angedeutet; das nähere Eintreten auf denselben behalten wir uns für den letzten Abschnitt unseres Buches vor.



Erstes Kapitel.

Der Ursprung des organischen Lebens auf der Erde.

Wir sind nun bei demjenigen Abschnitte der Entwickelungsgeschichte der Natur angelangt, den die ältere Anschauungsweise als durch eine unübersteigbare Schranke von der übrigen Natur getrennt betrachtete; er umschließt die *belebte Natur*. Die besonderen Merkmale, die zur Begründung dieser Trennung für die Lebewesen in Anspruch genommen werden, sind folgende: Beständiger Wechsel der die Organismen bildenden Materie (der sogenannte *Stoffwechsel*); Beibehaltung der wesentlichen Form, sowohl des Einzelwesens als auch der ganzen Art, der es angehört, oder mit anderen Worten, Entwickelung nach dem bestimmten, dem Einzelwesen von vornherein eingeprägten Urbilde der Art; Wachstum und Lebensthätigkeit von innen heraus, selbständige fortwährende Bewegung, Empfindungsvermögen, und endlich in den höchst entwickelten Lebensformen freie Willensthätigkeit und Denkvermögen. Als weitere Merkmale mögen noch hinzugefügt werden: die Erzeugung von Eigenwärme und Beschränkung des Einzelwesens auf eine bestimmte Dauer der Lebensfähigkeit, die nach Zurücklegung von vornherein vorgezeichneter Entwickelungs- oder Altersstufen von selbst erlischt, und rascher Zerfall nach dem Aufhören der Lebensthätigkeit. Die Lebensformen lassen sich hiernach in folgender Weise zergliedern:

1. das *latente**) oder *Keimleben*, das im Samen der Pflanzen und den Eiern der Tiere aufgespeichert liegt und oft sehr lange erhalten bleibt. So wird von Getreidesamen berichtet, der in ägyptischen Grabmälern durch Jahrtausende eingeschlossen lag und bei seiner Auffindung sich noch lebensfähig zeigte. Manche Insektenarten vermögen sehr lange im Puppenzustande zu verharren, und manche niedere Tiere kapseln sich ein, wenn ihnen ihr Lebenselement, das Wasser fehlt, und vermögen in diesem Zustande ihre Lebensfähigkeit durch viele Jahre zu erhalten. Auch die *Trichinen*, die in eingekapseltem Zustande

---

*) *Latent*, lat. s. v. w. geborgen oder gebunden.

mit der Nahrung in den Körper eines Tieres oder des Menschen gelangen, werden hier durch die Verdauung von ihrer Umhüllung befreit, erwachen zu neuem Leben, durchwandern den Tierkörper, in welchen sie auf diese Weise eingedrungen sind, vermehren sich in demselben, und es erfolgt neuerdings die Einkapselung, die das Leben dieser Tiere für unbestimmte Zeit in den latenten Zustand zurückversetzt;

2. das pflanzliche oder vegetative Leben. Dieses erstreckt sich auf diejenigen Lebensfunktionen, mit denen keine selbständige Ortsbewegung und nachweisbare Empfindung für äußere Vorgänge verbunden ist. Scheinbare Bewegungen und Empfindungen, wie z. B. das Zusammenfalten der Mimosenblätter infolge der Berührung oder die selbständige Fortbewegung von Schwärmsporen niedriger Pflanzenarten, können nicht als wirkliche Empfindungen oder freiwillige Bewegungen angesehen werden, sondern zählen ebenfalls zu den vegetativen Lebenserscheinungen;

3. das tierische oder animalische Leben, das in wirklicher Empfindung und selbstgewollter Bewegung sich äußert und durch ein Nervensystem vermittelt wird. Diese Lebensform unterscheidet sich namentlich dadurch von der vegetativen der Pflanzen, daß die Gliederung des Wachstums der animalisch belebten Einzelwesen sich nicht nach dem Maße der aufgenommenen Nahrung und der dadurch gewonnenen Bildungssäfte in steter Neubildung von Gliedern geltend macht, sondern auf eine von vornherein bestimmte Zahl und Art von Gliedern sich beschränkt, sowie ferner dadurch, daß die äußeren Eindrücke, die auf das animalisch belebte Wesen einwirken, diesem zum Bewußtsein kommen. Bei den niedrigsten Tierarten ist jedoch diese Wirkung eine so geringe, daß sie sich der Beobachtung völlig entzieht und eine Unterscheidung zwischen vegetativem und animalischem Leben garnicht oder nur schwer gemacht werden kann;

4. das psychische Leben besteht darin, daß es von außen her empfangene Sinneseindrücke in Vorstellungen umwandelt und durch sie zu freiwilligen Handlungen veranlaßt wird. Diese Lebensform kommt nur den höchstentwickelten Tierarten zu und vervollkommnet sich beim Menschen zum geistigen Leben, das konkrete Begriffe in abstrakte umzuwandeln, zu Urteilen und Schlüssen zu verwerten und zu den verwickeltsten Gedankenreihen zu verbinden weiß.

Es unterliegt nun nicht dem geringsten Zweifel, daß die höchstentwickelten von diesen verschiedenen Lebensformen einen ungeheuren Unterschied gegenüber der anorganischen Welt bedeuten. Allein da, wo sich die beiden Gruppen der anorganischen und organischen Naturwesen unmittelbar berühren, erscheint dieser Unterschied durchaus nicht so groß, daß man berechtigt wäre, demselben die Bedeutung einer unüberbrückbaren Kluft zwischen den beiden Gruppen beizumessen. Vielmehr wird man zugeben müssen, daß ein Lebewesen niedrigster Art, wie wir es bald kennen lernen werden, der anorganischen Welt viel näher steht als den höchstentwickelten, belebten Naturwesen. Die Entwickelungsreihe, die die Lebewesen vom niedrigsten bis zum höchsten miteinander verbindet, weist weit höhere Fortschritte auf, als diejenigen der anorganischen Naturwesen; nach unten hin werden aber diese Fortschritte immer unbedeutender, und bei den niedrigsten Lebewesen findet sich gegenüber den höchstentwickelten Individuen der anorganischen Welt, den Krystallen, kein anderer Fortschritt, als der des individuellen Bewegungsvermögens. Fassen wir die oben aufgezählten besonderen Merkmale der Lebewesen auf, so reduziert sich bei näherer Betrachtung die Bedeutung derselben in erheblicher Weise. Der Stoffwechsel findet sich auch in den fortwährenden chemischen Umwandlungsprozessen der anorganischen Natur, wenn auch nicht in dem individuellen Sinne wie bei den Lebewesen. Die Beibehaltung der wesentlichen Form kommt bei den Krystallen ebenfalls zur Geltung, und dasselbe gilt von der Art und Weise ihres Wachstumes. Die Erzeugung der Eigenwärme ist ein einfacher chemischer Vorgang, der sich im Wesentlichen nicht von ähnlichen in der anorganischen Natur unterscheidet, und was die bestimmtere Ausprägung der individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten der belebten Naturwesen anbelangt, so ist dieselbe eben nichts Anderes, als ein Entwickelungsmoment, das der organischen Welt in um so höherem Maße zukommt, je

höher ihre Arten als solche entwickelt sind, das aber, wie schon erwähnt, bei dem auf niedrigster Entwickelungsstufe stehenden organischen Wesen in so geringem Maße zum Ausdrucke kommt, daß es kaum noch einen wesentlichen Unterschied der anorganischen Welt gegenüber zu bedeuten hat. Wilhelm Preyer (geb. 1844, seinerzeit Professor der Physiologie in Jena), hat die Ueberschätzung der Bedeutung des Lebens im Entwickelungsgange des Kosmos in geistreicher Weise durch ausführliche Vergleichung mit parallelen Erscheinungen in der anorganischen Welt darzuthun versucht und ist zu dem Schlusse gekommen, daß es schlechthin unmöglich sei, eine allgemeine Eigenschaft oder Funktion, die wir allen Organismen, den niedrigsten wie den höchsten, ohne eine einzige Ausnahme zuzuerkennen gezwungen sind, namhaft zu machen, die nicht auch mindestens einem als anorganisch bezeichneten Körperkomplex zukäme. Der ganze Unterschied sei nur ein quantitativer; ein prinzipieller Unterschied bestehe lediglich in Bezug auf den Anfang. Ein Meer ließe sich aus seinen Bestandteilen durch Mischung zusammensetzen, ein Organismus aber nicht. Anorganische Körper der verschiedensten Art können direkt aus Substanzen zusammengesetzt werden, die ihnen völlig unähnlich sind; das Steinsalz bedürfe nicht des Steinsalzes zur Begründung seines Daseins, sondern kann künstlich aus Chlor und Natrium zusammengesetzt werden, also aus Stoffen, die ihm ganz unähnlich sind. Alle Organismen aber stammen zunächst von Körpern ab, die ihnen ähnlich waren. Verfolgen wir also, in die Vergangenheit zurück schreitend, die Ahnenreihe der Tiere und der niedrigsten Pflanzen, so finden wir zuerst ihnen sehr ähnliche, sich bewegende Gemenge von festen und flüssigen oder gasigen Körpern, die aber ebenso in einigen Punkten von ihnen verschieden gewesen sein müssen, wie die Eltern von den Kindern überhaupt verschieden sind. Jene Vorstufen hatten wieder ihnen ähnliche Vorstufen, die wieder in einigen Punkten ihren Vorfahren und Nachkommen unähnlich waren, und so gelangen wir schließlich durch Summierung der vielen kleinen Unähnlichkeiten zu lebenden Körpern, die von den gegenwärtigen niedrigsten Lebensformen ebenso verschieden sind, wie das winzige Protoplasmabällchen, das wir das menschliche Ei nennen, von dem aus ihm sich entwickelnden Manne. Nun kommen wir aber, immer tiefer in die Vergangenheit der Erdgeschichte dringend, an eine Zeit, wo die Hitze, die schon durch die Kontraktion des sich abkühlenden Planeten entstehen mußte, auch an der Oberfläche desselben so groß war, daß heiße Gase und Flüssigkeiten vorherrschend, feste Körper, wie der Kohlenstoff, dagegen in geringer Zahl vorhanden waren. Die Organismen dieser Zeit nicht mehr lebend zu nennen, haben wir — wie Preyer weiter ausführt — kein Recht, denn das organische Sichbewegen, Leben genannt, und das Bewegtwerden der Körper sind nur, wie bereits hervorgehoben, quantitativ, nicht aber in ihrem innersten Wesen verschiedene Erscheinungsweisen der Bewegung überhaupt, das jetzige Leben der Erde nur eine besondere Art der Bewegung, die sich in sehr verwickelten, in kleinem Raume ineinander greifenden Vorgängen kundgiebt.

„Anerkennt man demnach“, so schließt Preyer seine Ausführungen, „die verwickelte Bewegungsgesamtheit der Erde, ehe sie von Pflanzen und Tieren bewohnt war, als Lebensthätigkeit, so ist das Problem von dem Ursprunge der sich bewegenden und bewegt werdenden Körper, die wir Pflanzen und Tiere nennen, richtig gestellt, wenn wir nachweisen können, daß das Leben der feurig-flüssigen Teile des mit einer glühenden Atmosphäre umgebenen Erdballes durch die Strömungen, den Stoffwandel, Temperaturwechsel u. s. w. zuerst zur Ausscheidung aller derjenigen anorganischen Körper führen mußte, die wir jetzt als tote in und auf der Erde finden, ohne Spuren von tierischem und pflanzlichem Leben in und an ihnen zu entdecken, also namentlich zur Ausscheidung der schweren Metalle; die diese letzteren ausscheidenden Aggregate waren ehedem die lebenden Organismen. Notwendig mußten sie an der Oberfläche der im kalten Weltraum allmählich erkaltenden Erdkruste sich immer mehr verdichten, verändern und die von ihnen selbst ausgeschiedenen, erstarrten Produkte ihre eigene intensive Lebensbewegung wesentlich hemmen, beeinflussen. Ferner: die vor dem Auftreten der Pflanzen und Tiere vorhandenen lebenden Komplexe, Flüssigkeiten und Luftmassen, mit den abgekühlten Ausscheidungsprodukten früherer feuriger

Lebensbewegung vermengt, müssen dann zu weniger beweglichen, weil selbst kühler werdenden Emulsionen sich verdichtet haben, welche wahrscheinlich noch neben Sauerstoff reichlich Kiese enthielten und mit dem, was man jetzt Protoplasma nennt, kaum eine andere Aehnlichkeit hatten, als daß sie atmeten, sich ernährten, sich teilten. Dann erst, als auch diese Kombinationen im Laufe der Zeit an der Oberfläche der Erdkugel erstarrten, d. h. starben und ausstarben, kamen Verbindungen der bis dahin noch gasig und tropfbar-flüssig gebliebenen Elemente zu stande, die nun nach und nach dem Protoplasma, der Basis des Lebendigen unserer Tage immer ähnlicher wurden. Immer kompliziertere Verbindungen, chemische Substitutionen, immer dichtere Körper, immer mehr verwickelte, ineinander greifende Bewegungen sich näher aneinander lagernder Teile mußten mit der Temperaturabnahme und Verminderung der Dissociationen eintreten, und hierbei erst konnten die durch die fortschreitende Differenzierung möglichen, sich gleichenden Anfangsformen des Pflanzen- und Tierreiches von Dauer sein. Wir sagen also nicht, daß das Protoplasma als solches vom Anfang der Erdbildung an war, auch nicht, daß es als solches anfangslos anders woher, von außen aus dem Weltraum auf die abgekühlte Erde einwanderte, noch weniger, daß es sich aus anorganischen Körpern auf den Planeten ohne Leben zusammengesetzt habe, wie es der Urzeugungsglaube will, sondern wir behaupten, daß die anfanglose Bewegung im Weltall Leben ist, daß das Protoplasma notwendig übrig bleiben mußte, nachdem durch die intensivere Lebensthätigkeit des glühenden Planeten an seiner sich abkühlenden Oberfläche die jetzt als anorganisch bezeichneten Körper ausgeschieden worden waren, ohne daß sie wegen fortschreitender Temperaturabnahme der Erdhülle in die nach und nach an Masse abnehmenden heißen Flüssigkeiten wieder eintreten konnten. Die schweren Metalle, einst auch organische Elemente, schmolzen nicht mehr, gingen nicht wieder in den Kreislauf zurück, der sie ausgeschieden hatte. Sie sind die Zeichen der Totenstarre vorzeitiger, gigantischer, glühender Organismen, deren Atem vielleicht leuchtender Eisendampf, deren Blut flüssiges Metall und deren Nahrung vielleicht Meteoriten waren."

Man sieht, daß Preyer seinen Gedankengang viel weiter ausspinnt, als jene Gelehrten, die einfach an der Grenzscheide, die die ältere wissenschaftliche Anschauungsweise zwischen der belebten und unbelebten Natur gezogen hat, stehen blieben, um hier den Punkt zu finden, an welchem die Grenze überschritten werden könnte. Er verbindet eben mit dem Begriffe „Leben" eine weitere und allgemeinere Vorstellung, und wer sich zu dieser Vorstellung zu erheben vermag, wird dadurch vielleicht zu noch einheitlicherer Weltanschauung gelangen können, als diejenigen, für die das Leben ein Unterscheidungsmerkmal im Entwickelungsgange der Natur bedeutet, ohne daß sie deshalb in ihm den Ausgangspunkt einer ganz neuen Entwickelungsreihe erkennen müßten. Die Frage, wie sich das Auftreten derjenigen Erscheinungen, die wir unter dem Begriffe des organischen Lebens zusammenfassen, im Zusammenhange mit dem allgemeinen Entwickelungsgange der Natur erklären läßt, bleibt jedoch durch die Ausführungen Preyers unbeantwortet. Die wissenschaftliche Erfahrung lehrt uns, daß dieses organische Leben an das Vorkommen gewisser sehr zusammengesetzter Verbindungen des Kohlenstoffes mit Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und anderen Elementen, und zwar namentlich an jene Kohlenstoffverbindungen gebunden ist, die wir als Eiweißkörper bezeichnen. Diese Verbindungen gerinnen fast durchgehends bei einer Temperatur von 70° C., die noch um 30° unter dem Siedepunkte des Wassers steht; übersteigt die Temperatur diesen Wärmegrad, so hört der Kreislauf der Ernährungssäfte, die Hauptbedingung alles organischen Lebens, auf, und es ist daher kein Leben in diesem Sinne mehr möglich. Ebenso hört erfahrungsmäßig alles organische Leben auf, wenn die Temperatur dauernd unter dem Gefrierpunkte bleibt. Allerdings sollen einige Lebewesen niedriger Art noch höhere Wärmegrade vertragen, und Versuche haben gezeigt, daß selbst Temperaturen, die außerordentlich tief unter dem Gefrierpunkt liegen, gewisse Organismen (oder Keime von solchen) nicht zu zerstören vermochten, wenn sie diesen durch kürzere Zeit ausgesetzt wurden; wir müssen daher sowohl die glühenden Lebensquellen Wilhelm Preyers, die eher den Anschauungen Huygens und anderer älterer Astronomen von der Belebtheit der Gestirne,

als der Aufklärung im Sinne moderner Weltanschauung dienen können, als auch die Ansicht, daß der Erde ihre organischen Lebenskeime aus dem kalten Weltraum zugeflogen seien, von der Hand weisen, sofern es sich um die Beantwortung jener Frage handelt, und derselben von dem Punkte aus näher zu rücken suchen, bis zu welchem die wissenschaftliche Naturerkenntnis gediehen ist. Wir gelangen so zu der Thatsache, daß die Grundform aller organischen Wesen, der Pflanzen wie der Tiere, ein kleines, nur dem bewaffneten Auge sichtbares, meistens von einer („Membran" genannten) Hülle umschlossenes, mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen ist, das in seinem Innern einen noch kleineren Körper enthält. Diese Urform wird Zelle genannt und das in ihr eingeschlossene Körperchen als Zellkern bezeichnet. Es giebt aber auch Organismen, deren Formwert noch unter demjenigen der Zelle steht, da sie keine Membran besitzen, auch keinen Kern enthalten, sondern einfach aus einem Klümpchen des „Protoplasma" genannten Stoffes bestehen. Dieser Stoff ist es demnach, den wir als die Grundsubstanz alles organischen Lebens zu betrachten haben. Die Zusammensetzung desselben enthält 14 von den gegenwärtig bekannten 68 Elementen; von diesen kommen zunächst neun als besonders hervortretend in Betracht, nämlich: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Eisen, Chlor und Natrium (die beiden letzteren Bestandteile des allbekannten Kochsalzes). Außer jenen 14 kommen vereinzelt noch andere Elemente vor, jedoch nur in verhältnismäßig wenigen Gattungen von Organismen. Das wichtigste aller dieser Elemente ist aber der Kohlenstoff, von dem Häckel in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" sagt: „Lediglich die eigentümlichen, chemisch-physikalischen Eigenschaften des Kohlenstoffes und namentlich der festflüssige Aggregatzustand und die leichte Zersetzbarkeit der höchst zusammengesetzten eiweißartigen Kohlenstoffverbindungen sind die mechanischen Ursachen jener eigentümlichen Bewegungserscheinungen, durch welche sich die Organismen von den Anorganen unterscheiden, und die man im engeren Sinne das „Leben" nennt". Er bezeichnet den Unterschied zwischen dem Wachstum der Krystalle und jenem der Organismen, der darin besteht, daß jene die bei der Krystallisation neu hinzutretenden Teilchen von außen her aufnehmen, während beim Wachstum der Organismen infolge ihres fest-flüssigen Aggregatzustandes die neu aufgenommenen Teilchen ins Innere des Organismus vorrücken, als die notwendige und unmittelbare Folge des verschiedenen Dichtigkeitszustandes der Organismen und der Anorganen. Wie der genannte Gelehrte über die Frage der Entstehung lebender Wesen aus dem Urstoffe des Protoplasma denkt, sei hier aus seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" kurz mitgeteilt.

„Unter Urzeugung (die Häckel „Archigonie" nennt) verstehen wir" — so schreibt der um den Ausbau und die Verbreitung der Entwickelungslehre hochverdiente Gelehrte — „ganz allgemein die elternlose Zeugung eines Individuums, die spontane Entstehung eines einfachsten Organismus, unabhängig von einem elterlichen oder zeugenden Organismus. Bei der Elternzeugung oder Fortpflanzung entsteht dagegen das organische Individuum dadurch, daß ein größerer oder geringerer Teil von einem bereits bestehenden Organismus sich ablöst und selbständig weiter wächst. Der Begriff der Archigonie umfaßt zwei wesentlich verschiedene Vorgänge, nämlich die Autogonie und die Plasmogonie. Unter Autogonie verstehen wir die Entstehung eines einfachsten Plasmakörpers in einer anorganischen Bildungsflüssigkeit, d. h. in einer Flüssigkeit, welche die die Zusammensetzung des Organismus erforderlichen Grundstoffe in einfachen und beständigen Verbindungen gelöst enthält (z. B. Kohlensäure, Ammoniak u. s. w.). Plasmogonie dagegen nennen wir die Urzeugung dann, wenn das organische Individuum in einer organischen Bildungsflüssigkeit entsteht, d. h. in einer Flüssigkeit, welche jene erforderlichen Grundstoffe in Form von entwickelten und lockeren Kohlenstoff-Verbindungen bereits gelöst enthält (Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate u. s. w.).

Beide Vorgänge sind bis jetzt noch nicht direkt beobachtet; in älterer und neuerer Zeit hat man über die Möglichkeit oder Wirklichkeit der Urzeugung sehr zahlreiche und zum Teil auch interessante Versuche angestellt. Allein diese Experimente beziehen sich fast sämtlich nicht auf die Autogonie, sondern auf die Plasmogonie, auf die Entstehung eines Organismus aus bereits gebildeter organischer Materie. Es kommt aber zunächst darauf

an, die Frage zu lösen: „Giebt es eine Autogonie? Ist es möglich, daß ein Plasmakörper nicht aus vorgebildeter organischer, sondern aus rein anorganischer Materie besteht?"

Die Versuche über die Autogonie haben bis jetzt ebenfalls kein positives Resultat geliefert. Die allermeisten Naturforscher, welche bestrebt waren, diese Frage experimentell zu entscheiden, und die bei Anwendung aller möglichen Vorsichtsmaßregeln unter ganz bestimmten Verhältnissen keine Organismen entstehen sahen, stellten auf Grund dieser negativen Resultate sofort die Behauptung auf, es sei überhaupt unmöglich, daß Organismen von selbst ohne elterliche Zeugung entstehen. Man kann indes auf keinen Fall aus dem negativen Erfolge jener Versuche, welche meistens unter den unnatürlichsten Bedingungen in höchst künstlicher Weise angestellt wurden, den Schluß ziehen, daß die Urzeugung überhaupt unmöglich sei.

Die Möglichkeit der Urzeugung kann überhaupt niemals bewiesen werden. Denn wie können wir wissen, ob nicht in jener ältesten unvordenklichen Urzeit ganz andere Bedingungen gegeben waren, als gegenwärtig, die eine Autogonie ermöglichten? Die ungeheuren Massen von Kohlenstoff, welche wir gegenwärtig in den primären Steinkohlengebirgen abgelagert finden, sind erst durch die Thätigkeit des Pflanzenlebens in feste Form gebracht worden; sie sind die mächtig zusammengepreßten und verdichteten Ueberreste von zahllosen Pflanzenleichen, die sich im Laufe von Jahrmillionen anhäuften. Allein zu jener Zeit, als auf der abgekühlten Erdrinde, nach der Entstehung des tropfbar-flüssigen Wassers, zum erstenmale Organismen durch Urzeugung sich bildeten, waren jene unermeßlichen Kohlenstoff-Mengen in ganz anderer Form vorhanden, wahrscheinlich größtenteils in Form von Kohlensäure in der Atmosphäre verteilt. Die ganze Zusammensetzung der Atmosphäre war also außerordentlich von der jetzigen verschieden. Ferner waren, wie sich aus chemischen, physikalischen und geologischen Gründen schließen läßt, der Dichtigkeitszustand und die elektrischen Verhältnisse der Atmosphäre ganz andere. Ebenso war auch jedenfalls die chemische und physikalische Beschaffenheit des Urmeeres, welches damals als eine ununterbrochene Wasserhülle die ganze Erdoberfläche im Zusammenhang bedeckte, sehr eigentümlich. Temperatur, Dichtigkeit, Salzgehalt u. s. w. müssen sehr von denen der jetzigen Meere verschieden gewesen sein. Also bleibt uns für jeden Fall, wenn wir auch sonst nichts weiter davon wissen, die Annahme gestattet, daß zu jener Zeit unter ganz anderen Bedingungen eine Urzeugung möglich gewesen sei, die heutzutage vielleicht nicht mehr möglich ist.

Nun kommt aber dazu, daß durch die neueren Fortschritte der Chemie und Physiologie das Rätselhafte und Wunderbare, das zunächst der viel bestrittene und doch notwendige Vorgang der Urzeugung an sich zu haben scheint, größtenteils oder eigentlich ganz zerstört worden ist. Es ist kaum siebzig Jahre her, daß sämtliche Chemiker behaupteten, wir seien nicht im stande, irgend eine zusammengesetzte Kohlenstoff-Verbindung oder eine sogenannte „organische Verbindung" künstlich in unseren Laboratorien herzustellen. Nur die mystische „Lebenskraft" sollte diese Verbindungen zu stande bringen können. Als daher 1828 Wöhler in Göttingen zum erstenmale dieses Dogma thatsächlich widerlegte, indem er auf künstlichem Wege aus rein anorganischen Körpern (Cyan- und Ammoniak-Verbindungen) den rein „organischen" Harnstoff darstellte, war man im höchsten Grade erstaunt und überrascht. In der neueren Zeit ist es nun durch die Fortschritte der synthetischen Chemie gelungen, derartige „organische" Kohlenstoff-Verbindungen rein künstlich in großer Mannigfaltigkeit in unseren Laboratorien aus anorganischen Substanzen herzustellen, z. B. Alkohol, Essigsäure, Ameisensäure u. s. w. Selbst viele höchst verwickelte Kohlenstoff-Verbindungen werden jetzt künstlich zusammengesetzt, so daß alle Aussicht vorhanden ist, auch die meisten zusammengesetzten und zugleich die wichtigsten von allen, die Eiweiß-Verbindungen der Plasmen-Körper, früher oder später künstlich in unseren chemischen Werkstätten zu erzeugen. Dadurch ist aber die tiefe Kluft zwischen organischen und anorganischen Körpern, die man früher allgemein

festhielt, größtenteils oder eigentlich ganz beseitigt und für die Vorstellung der Urzeugung der Weg gebahnt.*)

Von der größten Wichtigkeit für die Hypothese der Urzeugung sind jene („Moneren“ genannten) Lebewesen, welche nicht nur die einfachsten beobachteten, sondern auch überhaupt die denkbar einfachsten von allen Organismen sind. Nach Häckel kennt man jetzt zwei verschiedene Gruppen solcher kernlosen Plastiden, von denen die einen (Phytomoneren) als die Anfangsstufen des Pflanzenreichs, die anderen (Zoomoneren) als die niedrigsten Stufen der Tierreichs betrachtet werden können. Die Phytomoneren oder einfachen „Urpflänzchen“ sind kleine spangrüne Plasmakugeln, welche in Gallertmassen vereinigt leben und sich durch Teilung vermehren. Nahe verwandt sind die Oscillarien und Nastacaeen, bei denen viele solcher Plasmakörper sich reihenweise aneinander legen und Ketten bilden. Häckel nimmt an, daß die durch Urzeugung entstandenen ältesten Organismen unseres Erdballs sich hinsichtlich ihres Stoffwechsels als echte Pflanzen verhielten; sie besaßen das Vermögen der Carbon-Assimilation (des Eingehens von Kohlenstoff-Verbindungen), sie konnten aus Wasser, Kohlensäure und Ammoniak (oder Salpetersäure) durch Synthese**) Eiweiß bilden. Dieses Vermögen ging verloren bei einem Teile ihrer Nachkommen, den ältesten „Urtierchen“, zu denen die allbekannten Bakterien, die Wurzelfüßer (Rhizopoden) u. a. gehören. Der Unterschied zwischen den pflanzlichen und tierischen Urlebewesen besteht darin, daß diese letzteren ihre Nahrung aus bereits gebildeten Eiweißkörpern beziehen (Häckel nennt sie daher Plasmophagen oder Plasmafresser), wogegen die ersteren wegen ihres oben erwähnten Vermögens der Plasmabildung von ihm als Plasmodomen oder Plasmabauer bezeichnet werden.

Seine Aufführungen über die Urzeugung schließt Häckel mit folgenden Worten: „Da wir jetzt im stande sind, in unseren chemischen Laboratorien ähnliche zusammengesetzte Kohlenstoff-Verbindungen künstlich herzustellen, so liegt durchaus kein Grund für die Annahme vor, daß nicht auch in der freien Natur sich Verhältnisse finden, unter denen ähnliche Verbindungen entstehen können. Sobald man früherhin die Vorstellung der Urzeugung zu fassen suchte, scheiterte man an der organologischen Zusammensetzung auch der einfachsten Organismen, welche man damals kannte. Erst seitdem wir mit den wichtigsten Moneren bekannt geworden sind, ist jene Hauptschwierigkeit gelöst. Denn in ihren strukturlosen Plasma-Körpern haben wir Organismen kennen gelernt, welche gar nicht aus Organen zusammengesetzt sind, welche bloß aus einer einzigen, chemisch gleichartig zusammengesetzten Masse bestehen, und dennoch wachsen, sich ernähren und fortpflanzen. Die Hypothese der Urzeugung hat dadurch denjenigen Grad von Wahrscheinlichkeit gewonnen, welcher sie berechtigt, die Lücke zwischen Kants Kosmogenie und Lamarcks***) Descendenz-Theorie auszufüllen.“

Diesen Ausführungen Häckels ist wohl kaum noch etwas hinzuzufügen, als der Hinweis auf die Thatsache, daß eine der naturwissenschaftlichen Anschauungsweise näher

*) So gut wie der Bonner Professor Schaafhausen, der, wie er dem berühmten französischen Zoologen Milne-Edwards (1800—1885) im Jahre 1862 mitteilte, den Urzeugungsprozeß mit eigenen Augen beobachtet haben will, ist es freilich nur wenigen Naturforschern ergangen. Schaafhausen behauptet, unter dem Mikroskop Körnchen von $^1/_{2000}$—$^1/_{3000}$ Linie Größe beobachtet zu haben, aus denen sich die sogenannte Monas oder die Urform des tierischen Lebens entwickelte. Er sah dann weiter, wie sich die Monade nach und nach in höhere Infusorienformen umbildete, und beobachtete denselben Vorgang auch bei Pflanzen und Tieren, aber im Innern einer größeren Zelle. Berichte über ähnliche Beobachtungen finden sich übrigens, wie Ludwig Büchner in seinen „Vorlesungen über die Darwinische Theorie“ erwähnt, auch bei einer Reihe anderer Autoren, wie Pineau, Nicolet, Pouchet, Joly, Musset, Wymann, Mantegazza u. s. w., welche alle die freiwillige oder Urzeugung mit eigenen Augen beobachtet haben wollen. Georg Pennetier fügt in einer Abhandlung über die mikroskopischen Tiere der Anführung jener Autoren hinzu, daß er mehrmals die freiwillige Zeugung in allen ihren Phasen verfolgt habe, und daß man die Infusorien (Aufgußtierchen) sich ebenso sicher kann erzeugen sehen, wie man die Krystalle in einer Flüssigkeit entstehen sieht, welche die dazu nötigen Stoffe enthält.

**) Synthese, griech., s. v. w. Zusammenstellung, in der Chemie die Vereinigung von Elementen oder einfachen und von zusammengesetzten Körpern zu chemischen Verbindungen.

***) Vergl. S. 82.

stehenden Erklärung des Ursprunges des organischen Lebens auf der Erde zur Zeit noch nicht gefunden ist und daß, wenn auch der Beweis von dem Stattfinden einer Urzeugung bis jetzt noch nicht erbracht ist, doch auch keinerlei stichhaltige Gründe vorliegen, dieselbe schlechterdings für ein Ding der Unmöglichkeit zu erklären. Der klardenkende Naturforscher macht keine Glaubensfrage aus der Urzeugung, wie er überhaupt keine Glaubensfragen aufwirft, aber er bedarf ihrer als Anknüpfungspunkt für den Gedankengang, der ihn von der anorganischen Welt in die organische Welt hinüberführt. Jedenfalls muß der Grundstoff, aus dem sich die Lebewesen entwickelt haben, irgendwo vorhanden gewesen sein, und nachdem diese Entwickelung einmal begonnen hatte, ist sie auch nicht mehr unterbrochen worden; sie ist unsterblich, wie aller Stoff und alle Kraft in der Natur unsterblich sind — natürlich unter der Voraussetzung der Fortdauer der allgemeinen irdischen und kosmischen Verhältnisse. Schon der berühmte deutsche Naturforscher Johannes Müller (1801—1858), der nicht nur die physikalisch-chemische Schule in der Physiologie begründet, sondern durch seine Arbeiten auf diesem Gebiete auch auf die Heilkunde und deren Umgestaltung einen mächtigen Einfluß ausgeübt hat, sprach die Ansicht aus, die lebende organische Materie besitze in sich selbst keinen Grund zum Sterben, sie dauere als solche ewig, und nur ihre Modalität als Individuum sterbe. Die Thatsache, daß die Lebewesen, nachdem sie einmal auf der Erdoberfläche aufgetreten waren, alle Umwälzungen derselben überdauerten, ohne zu Grunde zu gehen, ja, daß sie sich noch kräftigten, ausbreiteten und höher emporarbeiteten, beweist, daß die lebende Materie in sich selbst nicht die Ursache des Todes trägt, und ebenso beweist dies der Umstand, daß alle Generationen in direktem und ununterbrochenem plasmatischen Zusammenhange stehen. Die Gesamtheit aller vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Lebewesen ist nichts anderes, als eine einzige Plasmamasse, die sich in zahllosen Individuen darstellt, aber stets eine einzige und kontinuierliche ist; in den Nachkommen lebt die durch den Stoffwechsel regenerierte, aber niemals ganz und gar verdrängte organische Substanz der Vorfahren fort. Der italienische Physiolog Angelo Andrea hat aus Untersuchungen an niederen Tieren die Ueberzeugung gewonnen, daß sich die organische Substanz von der anorganischen durch die charakteristische Erscheinung unterscheidet, daß in ihr die Moleküle und Atome sich beständig ändern, indem neue Stoffe in den Organismus eintreten, während die zersetzten und unbrauchbar gewordenen ausscheiden. Diese beständige Umsetzung, der Wechsel der Atome und Moleküle im Organismus, ist der Angelpunkt des Lebens, das Leben selbst. So lange dieser Wechsel dauert, lebt die organische Materie im Einzelwesen; dessen Aufhören desselben bezeichnet den Tod desselben. Im Leichnam findet keine Aufnahme von Nahrung und Umbildung derselben mehr statt. Die Unsterblichkeit der organischen Substanz ist also an den Wechsel der Atome und Moleküle gebunden und erlischt, wenn sie die Fähigkeit hierzu einbüßt. Eine Ursache hierzu ist die organische Differenzierung, die zwar einerseits eine größere Vollkommenheit des Organismus zur Folge hat, andererseits aber die gegenseitige Lage der Moleküle im Plasma verändert, so daß der Wechsel der Atome und Moleküle sich verlangsamt und zuletzt aufhört.

Zweites Kapitel.

Die Zelle.

Wir haben im vorigen Kapitel die mutmaßliche Entstehung des organischen Lebens auf der Erde im Allgemeinen, d. h. das Hervorgehen des organischen Bildungsstoffes aus anorganischen, chemischen Verbindungen behandelt. Nun wollen wir seine thatsächliche Entstehung im Einzelnen, d. h. das Hervorgehen des zu selbständiger Lebensthätigkeit befähigten Individuums aus dem organischen Bildungsstoffe ins Auge fassen, den wir als Protoplasma kennen gelernt haben.

Ob dieses Protoplasma in der Natur in ungebundenem Zustande, d. h. als einfache Substanz vorkommt, wissen wir nicht; diese Frage hängt eben mit der Frage der Urzeugung zusammen, die aus direkter Beobachtung bis jetzt noch nicht hat beantwortet werden können. Wir kennen nur das bereits individualisierte Protoplasma, zunächst in seiner niedrigsten Entwickelungsform, in Gestalt formloser Klümpchen, die selbständige Lebensthätigkeit entfalten; es sind dies die sogenannten Moneren. Da diese, wie wir gesehen haben, sich ebensowohl von einer größeren gleichartigen Masse loslösen, wie mit anderen Partikeln derselben Masse sich wieder vereinigen können, so ist die Individualisierung dieser Lebewesen von ganz unbestimmter Art, und es ist nicht widersinnig, sich alle vorhandenen Moneren zu einem einzigen Klumpen zusammengeschmolzen vorzustellen, in welchem dann die Gesamtmasse aller Moneren ein einziges Individuum bilden würde. Weit ausgesprochener ist die Individualisierung bei der nächst höheren Bildungsform der organischen Substanz, bei der Zelle. „Die Zelle ist", wie Tuttle schreibt, „aller Lebensformen Anfang; selbst bei der Fortpflanzung des Lebens in irgend einer Weise, sei es durch Teilung oder wirkliche Zeugung, ist die Zelle die Erstlingsform, und von diesem einfachen Ausgangspunkt haben sich all die unendlichen Reihen von Pflanzen und Tieren entwickelt. Das Leben begann als einfache Zelle. Dies läßt sich erweisen aus dem Zusammentreffen aller Lebensformen in diesem Punkte, aus der embryonalen Entwickelung und aus der Geschichte des Lebens, die in den Schichten unter unseren Füßen geschrieben steht."

In der That sind nicht nur alle Lebewesen aus der einfachen Zelle hervorgegangen, sondern sie setzen sich auch, sofern sie in ihrer Entwickelung nicht bei der einzelligen Form stehen bleiben, durchaus aus Zellen auf. „Alles Organische", sagt Virchow, „ist eine Summierung von Zellen, und alle Organismen, einfach oder zusammengesetzt, sind Komplexe oder Haufen von Zellen." —

Wenn auch die Verhältnisse im Tierkörper vielfach weit verwickelter sind als in der Pflanze, so ist doch die Grundanlage des Aufbaues aus dem organischen Element der Zelle beiden gemeinsam, und der Unterschied zwischen Pflanzen- und Tierzelle ist, wo ein solcher überhaupt besteht, mehr in der Form als in der Substanz zu suchen. Im Allgemeinen setzen sich beide aus den drei Bestandteilen der Zellhaut (oder Zellwand), auch Membran genannt, des Protoplasma (Urbildungsstoff), das von jener eingeschlossen ist, und des im Protoplasma eingebetteten Zellkernes zusammen. Manche Pflanzen- und ein großer Teil der Tierzellen entbehren der Membran. Daß es Organismen giebt, die auch des Zellkernes entbehren, ist bereits an anderer Stelle erwähnt worden. Wir wollen nun zunächst der Pflanzenzelle unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Die durch die außerordentlich wechselreiche Form und Beschaffenheit der Zellhaut oder Membran bedingte Gestalt der Pflanzenzelle entspricht im Allgemeinen derjenigen einer der Zellen einer Bienenwabe, und diesem Umstande verdankt sie auch den Namen, der ihr zuerst 1667 von R. Hooke, und nach ihm auch von M. J. Schleiden (1804—1881) gegeben worden ist. Infolge des Wachstums (bei Eizellen der Befruchtung) verändert sich die elementare Zusammensetzung der Zelle. Das Protoplasma tritt nebst dem Zellkerne im Verlaufe des Wachstumes mehr und mehr

an die Zellwand zurück und in dem dadurch freigewordenen Raume sammelt sich eine klare Flüssigkeit, in die von der Zellwand her körnige oder unregelmäßig geformte Teile des Protoplasma sich einschieben und nach dem Inneren des Zellkörpers hin laufen. Schließlich wird der ganze innere Raum von dieser Flüssigkeit, die man Zellsaft nennt, ausgefüllt. Bei Pflanzenteilen, die während des Wachsens eine harte, holzige Struktur annehmen, trocknen die Zellen völlig aus, und nur die Zellhaut bleibt übrig. Die aus dem Protoplasma sich ausscheidende Zellhautsubstanz dringt in die Zwischenräume der ursprünglichen Zellhaut ein und verursacht so die Erscheinung des Wachstums. Die aus Zellen gebildeten Gewebe des Pflanzenkörpers unterscheidet man zunächst nach zwei Richtungen: diejenigen Gewebe, die aus kurzen, an ihren Enden nicht zugespitzten Zellenformen bestehen, deren Querwände meist senkrecht zu den Längswänden stehen, und deren Längsdurchmesser an Größe dem Querdurchmesser so ziemlich gleichkommt, nennt man Parenchym und zwar, je nach dem Orte des Vorkommens, Rinden-, Holz- und Blatt-Parenchym. Das Blatt-Parenchym tritt gewöhnlich in den Formen des Palissaden- und Schwamm-Parenchym auf. Viele Pilze weisen ein Gewebe auf, das durch das Zusammenwachsen mehrerer Einzelteile des Pilzkörpers, der sogenannten Hyphen*) entsteht und Pseudoparenchym genannt wird. Die langgestreckten Gewebeelemente der Pflanzen, die an ihren Enden schief verlaufende Querwände besitzen und hierdurch den betreffenden Zellen eine spindelförmige Gestalt geben, werden als Prosenchym bezeichnet; hierher gehören fast alle Bastzellen, sowie die meisten Elemente der Gefäßbündel.

Die chemische Zusammensetzung des Plasmakörpers ist eine äußerst verschiedenartige, doch spielt wahrscheinlich die Gruppe der Eiweißkörper die wichtigste Rolle dabei. Der Zellkern ist von ähnlicher chemischer Beschaffenheit, zeichnet sich jedoch häufig durch Phosphorgehalt aus. Man unterscheidet in ihm das Kerngerüst und die meist rundlichen Kernkörperchen oder Nucleolen. Wie die Zelle selbst, so vermehren sich auch die Zellkerne lediglich durch Teilung, während deren Verlauf in den meisten Fällen sehr verwickelte Umlagerungen des Kerngerüstes stattfinden. Die Kernteilung vollzieht sich im Wesentlichen bei Tier- und Pflanzenzellen nach der gleichen Anordnung. Es entsteht aus dem Kerngerüst ein knäuelartig gewundener Faden, der sich später in eine Anzahl von Abschnitten teilt; zugleich bilden sich andere bündelartig angeordnete Fäden, an deren Ende Centralkörper oder Attraktionssphären sich befinden. Die früher erwähnten Fadensegmente wandern allmählich nach der Mitte hin zwischen die Centralkörper, wo sie der Länge nach in zwei Hälften gespalten werden, die dann wieder von der Mitte gegen die Pole auseinanderweichen und hier Tochterkerne bilden. Man betrachtet den Zellkern als den hauptsächlichsten, wenn nicht ausschließlichen Träger der erblichen Eigenschaften innerhalb der Zelle.

Außer dem Zellkern enthält die Pflanzenzelle noch in vielen Fällen andere Einschlüsse, darunter namentlich das Chlorophyll, das den Pflanzen die grüne Farbe giebt, und verschiedene andere Farbstoffe, die in den Blüten und Früchten namentlich die gelbe und rote Färbung bewirken, endlich noch farblose Körper, die man Stärkebildner nennt. Auch diese Körper vermehren sich in den meisten Fällen durch Teilung und spielen vielleicht innerhalb der Zelle eine ähnliche selbständige Rolle, wie der Zellkern. Die übrige Masse des Plasmakörpers wird Cytoplasma genannt und enthält mancherlei Einschlüsse, wie Oeltropfen, Gerbstoffbläschen u. s. w. Die Cytoplasmamasse selbst ist in feine Körnchen zerteilt, die man als die eigentlichen Elementarorganismen von Tier und Pflanze ansieht.

Das Chlorophyll (griechisch, s. v. w. Blattgrün) ist eines von jenen Pflanzenelementen, denen man eine hervorragende Bedeutung zuschreibt. Schon im vorigen Jahrhundert hat man als feststehend betrachtet, daß nur solche Pflanzen, die Chlorophyll besitzen, aus Kohlensäure und Wasser organische Substanzen zu bilden vermögen, oder, wie

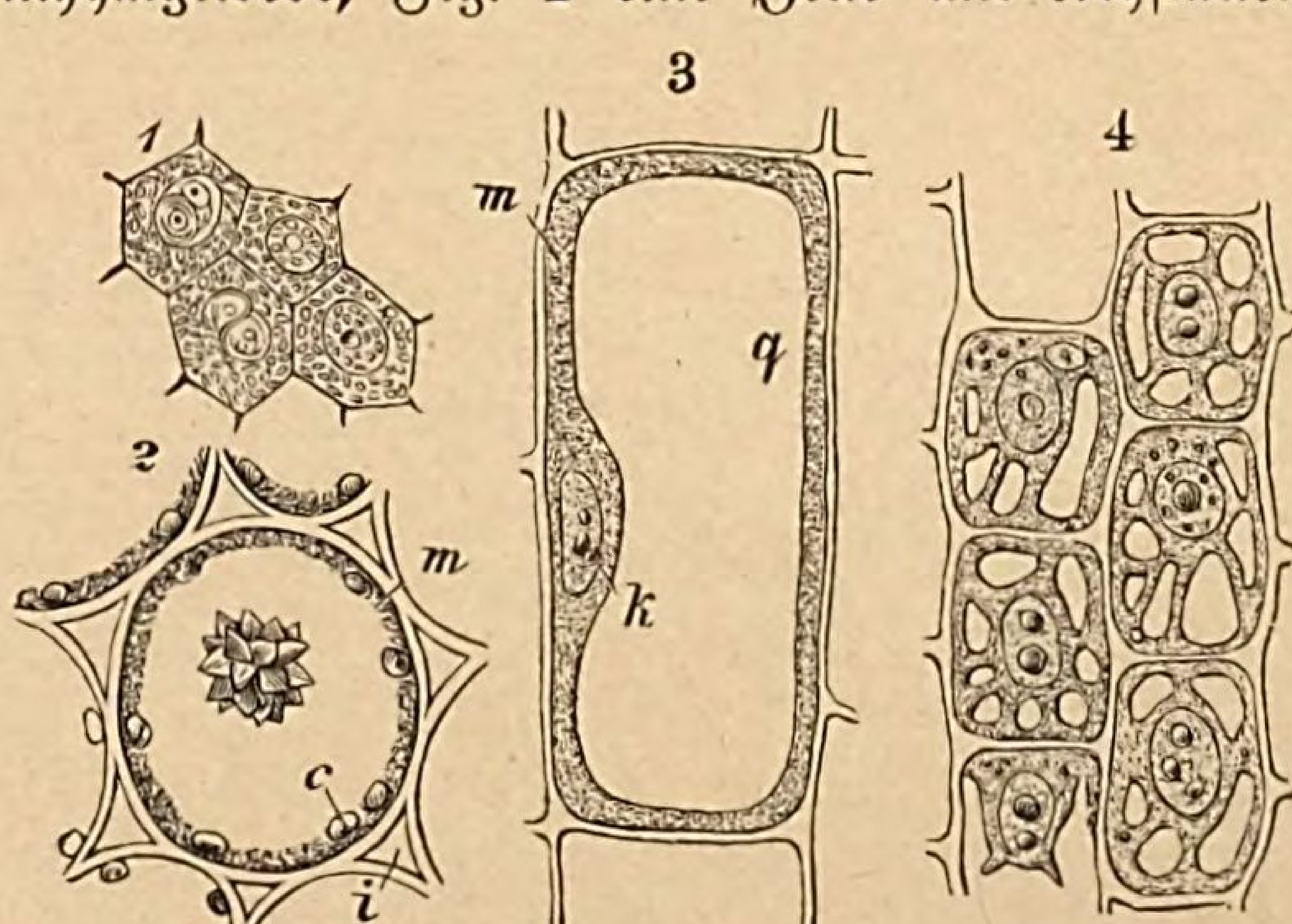
*) Hyphen heißen die gefächerten oder ungefächerten, schlauchförmigen, oft sehr langen, spinnwebenartigen Zellfäden, aus denen die vegetativen Teile der Pilze (das sogenannte Mycelium) bestehen. Besondere, vom Mycelium abgezweigte Hyphen bilden in mannigfachster Weise die Fortpflanzungsorgane der Pilze.

man diesen Prozeß zu nennen pflegt, eine Kohlen-Assimilation zu bewirken. Die Untersuchung über die Frage, in welcher Weise und in welchem Umfange das Chlorophyll an diesem Prozeß beteiligt ist, sind indes noch heute nicht zum endgiltigen Abschlusse gelangt. Das Chlorophyll ist in der Regel — bei den höheren Pflanzen ausschließlich — auf einzelne Teilchen des den Zelleninhalt bildenden Protoplasmas beschränkt und liegt in Gestalt mehr oder weniger abgerundeter Körnchen im Protoplasmaschlauche; bei einigen Algen ist der Farbstoff an schraubenlinig gewundene Bänder, stern- oder plattenförmige Plasmamassen gebunden, bei den Schwärmsporen einiger Algenarten erscheint auch die ganze nackte Zelle vom Chlorophyll gefärbt, nur jene kleine Partie, an der die Wimpern dieser Sporen sitzen, bleibt ungefärbt. Zur Chlorophyllbildung ist vor allem Licht erforderlich, das aber auch, wie zahlreiche Experimente gezeigt haben, den einzelnen Lichtstrahlen des Spektrums entnommen werden kann; am besten wirken die stärker brechbaren Strahlen des Spektrums, also blau und violett. Ferner scheint das Vorhandensein von Eisen im Boden zur Chlorophyllbildung unumgänglich erforderlich zu sein.

Die Zellmembran der Pflanzenzelle besteht aus Cellulose, einem Kohlenhydrat, das der Stärke und dem Traubenzucker verwandt ist, außerdem aber noch aus mannigfaltigen anderen Verbindungen, deren Natur noch nicht genügend ergründet ist. Es giebt Zellhäute, die aus verhältnismäßig reiner Cellulose bestehen, und andere, die je nach der Natur der darin enthaltenen Verbindungen als verholzt, verkorkt und verschleimt bezeichnet werden. Sehr häufig bestehen diejenigen Zellen, die das eigentliche Gerüst der Pflanze bilden, fast ausschließlich aus Membransubstanz. An dickwandigen Membranen finden sich unverdickte Partien, die häufig von zarten Plasmasträngen durchsetzt sind, und die den Stofftransport von Zelle zu Zelle erleichtern sollen.

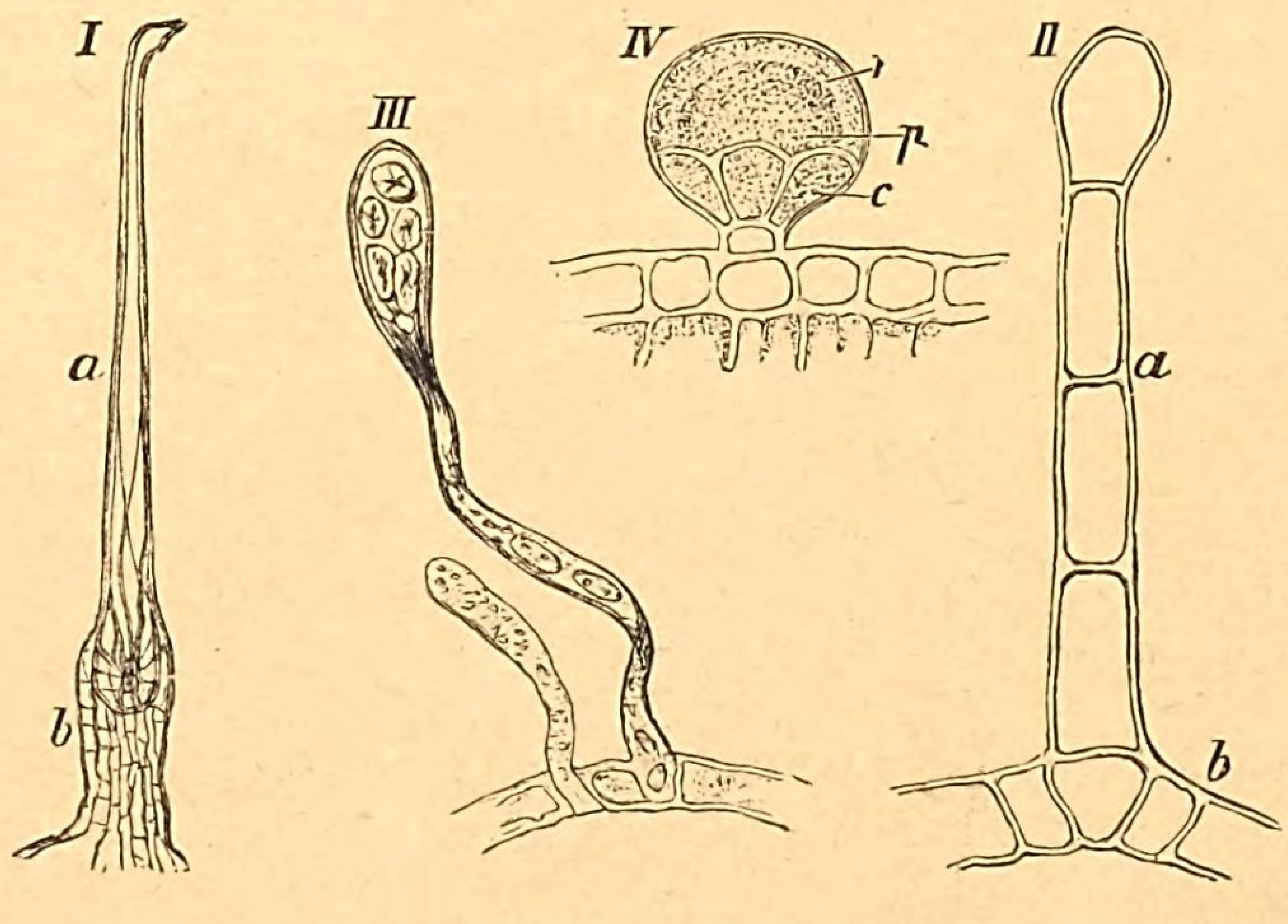
Von großer Mannigfaltigkeit sind auch die chemischen Verbindungen, deren wässerige Lösung den Zellsaft bildet. In älteren Zellen bildet dieser in den meisten Fällen ein zusammenhängendes Ganze; dagegen sind in jüngeren Zellen gewöhnlich mehrere getrennte Hohlräume (Vacuolen) vorhanden, auf welche sich der Zellsaft verteilt. Wenn die Zelle sich teilt, folgen häufig auch die Vacuolen diesem Prozesse, doch bilden sich solche auch neu aus dem Plasma.

Unsere nebenstehende Abbildung zeigt eine Anzahl der wichtigsten Formen von Pflanzenzellen. Fig. 1 zeigt einige Zellen von Parenchymgewebe, Fig. 2 eine Zelle mit Krystallen und Chlorophyll (c). An die Membran (m) dieser Zelle schließen sich diejenigen von sieben anderen Zellen an, und an den Stellen, wo sich die Membran dieser letzteren durch teilweise Trennung der ursprünglich dicht zusammenhängenden Zellen losgelöst hat, sind Intercellularräume (i) entstanden, die in unserer Abbildung sternzackenähnlich die Mittelzelle umgeben. Solche Räume entstehen auch, wenn einzelne Zellen oder Zellgruppen zu Grunde gehen und eine Lücke zurücklassen. Diese Intercellularräume enthalten entweder Luft oder Aussonderungen; erstere sind bei weitem die häufigeren, und man findet zahlreiche Lufträume fast in jedem ausgebildeten Gewebe. Diese Räume stehen untereinander in Verbindung und sind mittels der Spaltöffnungen gewisser Pflanzenteile auch mit der äußeren Luft in Verbindung. Die Spaltöffnungen dienen der Pflanze als Atmungs- und Transspirations-Organe; sie sind zwar von außerordentlicher Kleinheit, dafür aber in desto größerer Zahl vorhanden. Müller-Thurgau giebt die Zahl der Spaltöffnungen eines mittelgroßen Weinblattes auf nahezu 4 Millionen an. Ihre Wirksamkeit beruht auf ihrer



Pflanzenzellen.

außerordentlich großen Oberflächenentwickelung, durch die der Pflanze, der sie angehören, der ausgiebigste Luft- bezw. Gasaustausch ermöglicht wird. Die Spaltöffnungen werden von Schließzellen begrenzt und der Intercellularraum, an welchem solche sich befinden, wird Atemhöhle genannt. Der Verschlußapparat wird wahrscheinlich durch Aufquellen des in den Schließzellen enthaltenen Protoplasmas in Wirksamkeit gesetzt und durch Zusammenziehen desselben wieder geöffnet, auch besitzen die Schließzellen Membranen, deren Wandungen stellenweise in solcher Weise verdickt sind, daß der Druck des aufquellenden Plasmas in der Richtung nach der Verschlußzelle hin wirken muß. Bei den Landpflanzen bilden die Intercellularräume meistens nur enge Kanäle; nur in einem Teil des Parenchyms der Blätter (dem sogenannten Schwammparenchym) kommen auch größere Räume vor. Die Wasserpflanzen besitzen dagegen namentlich in ihren untergetauchten Teilen ansehnliche Luftreservoirs, die zuweilen auch als Schwimmorgane dienen. Bei denjenigen Intercellularräumen, die Absonderungen (Sekrete) enthalten, unterscheidet man kurze, rings von Zellen umschlossene hohlkugelartige Räume, die mit Harz, Gummi, Oel und anderen Substanzen gefüllt sind und Intercellularlücken genannt werden, sowie langröhrige, die Gewebe auf weite Strecken hin durchsetzende und oft mit einander durch Verzweigungen oder unter sich verbundene Gefäßäste vereinigte Intercellulargänge.



Haarbildungen.

Fig. 3 (S. 462) zeigt eine große Zelle, an deren Membran der körnige Plasmainhalt (m) sich angelegt hat, während der innere Raum (q) mit Zellsaft ausgefüllt ist. Der Zellkern (k) ist ebenfalls, vom körnigen Plasma eingeschlossen, gegen die Zellwand hingerückt. In Fig. 4 sehen wir sechs verschieden gebaute Zellen, deren jede einen großen Kern und mehrere Vacuolen enthält.

An manchen Pflanzen bemerkt man eine mehr oder minder reiche Haar- oder Stachelbildung, die sich aus den an der Außenseite des Pflanzenkörpers gelegenen Epidermiszellen entwickelt und deren physiologische Bedeutung nicht in allen Fällen aufgeklärt erscheint. Die Haarbildungen werden durch starke Verdickung zu Stacheln; durch Zusammensetzung aus mehreren Zellen, von denen die kurzen Basiszellen von einer knopfförmig verbreiterten größeren Gipfelzelle überdeckt werden, entstehen schuppenförmige Haare. Manche Haarbildungen verlieren im entwickelten Zustande ihren Zellinhalt, an dessen Stelle sie mit Luft gefüllt sind; sie nehmen dann eine glänzend weiße Farbe an, wie beispielsweise die Baumwolle. Manche Haare enthalten besondere Substanzen, wie Säuren und dergl. m.; ein Beispiel dieser Art ist das auf unserer obenstehenden Abbildung mit I bezeichnete Brennhaar der Brennessel. Der obere Teil (a) ist einzellig und wird von der mehrzelligen Unterlage (b) getragen. Das Brennhaar ist mit Ameisensäure gefüllt und trägt an seiner Spitze eine kleine knöpfchenförmige, etwas nach der Seite gebogene Verdickung aus Kieselsäure. Bei der geringsten Berührung bricht das spröde Knöpfchen ab und der Zellsaft entleert sich und ruft, wenn durch die Berührung und das Abbrechen des Knöpfchens eine kleine Wunde entstanden ist, heftiges Brennen und Anschwellen der verletzten Körperstelle hervor. In Bengalen wächst eine Nesselart, bei deren Berührung an

der betreffenden Stelle anfangs nur ein schwaches Brennen fühlbar wird, das sich jedoch bald zu den heftigsten Schmerzen steigert. Der Schmerz verbreitet sich über das ganze in Mitleidenschaft gezogene Glied, dauert den ganzen Tag lang und verschwindet völlig erst nach Wochenfrist; erfolgt, wenn er bereits in der Abnahme begriffen ist, die Benetzung der verletzten Stelle mit kaltem Wasser, so kehrt der Schmerz sofort mit voller Heftigkeit wieder zurück, ja die Brennhaare einer auf den Sundainseln wachsenden Nesselart können sogar jahrelang andauernde Schmerzen hervorrufen.

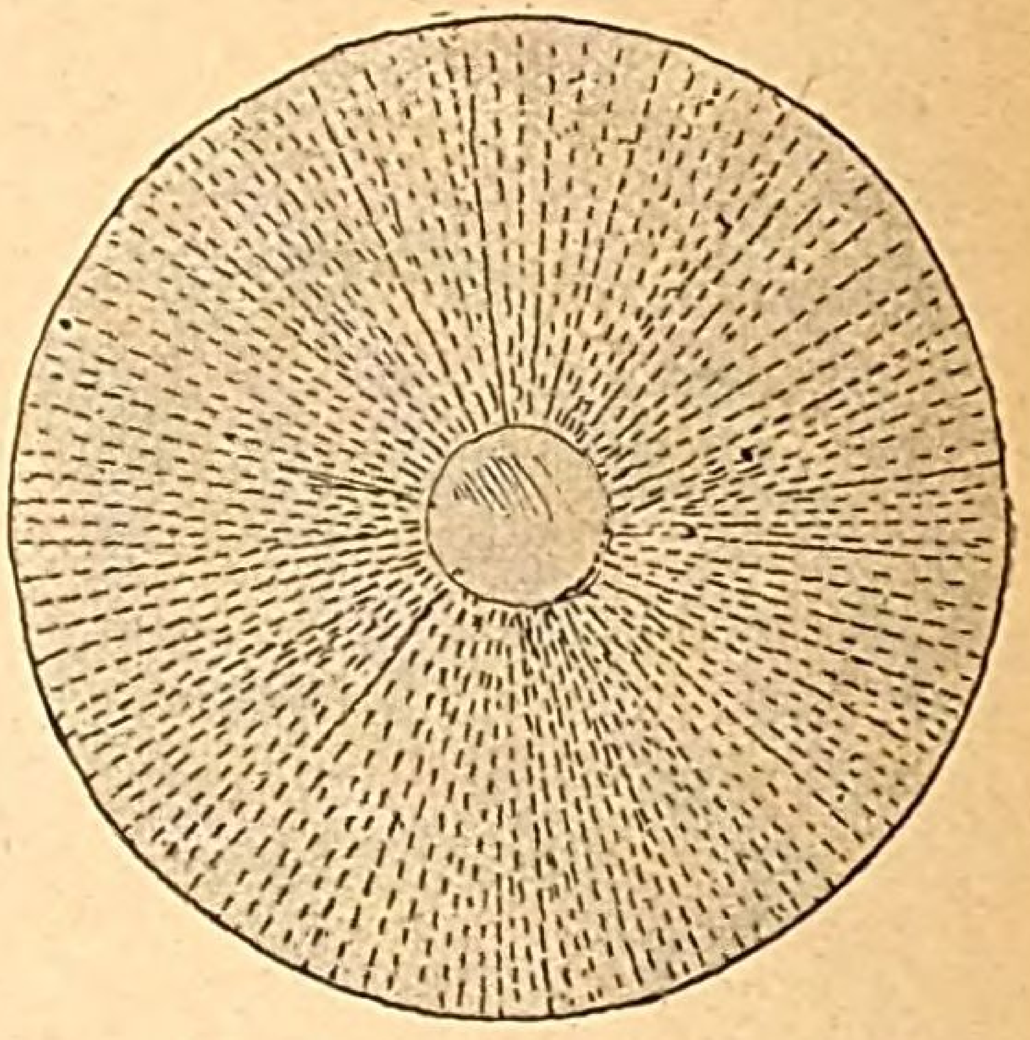
Fig. II der Abbildung auf S. 462 zeigt das mehrzellige Haar (a) des Wiesenstorchschnabels, das direkt aus Rindenzellen hervorgeht. In Fig. III sehen wir ein Beispiel von papillen-, blasen- oder schlauchartigen Haarbildungen, wie sie an vielen Blumenblättern mit sogenanntem Sammetglanz, aber auch als lange, mit einander verflochtene Schläuche vorkommen, die sich in den Filzüberzügen mancher Blätter finden. Fig. IV ist ein Drüsenhaar mit Membran (c), Plasma (p) und eingeschlossenem Sekret (r). Als **Borsten** bezeichnet man aus mehreren Zellreihen zusammengesetzte Haare von größerer Steifheit, die mitunter durch Verkrustung der Zellwände mit Kieselsäure oder Kalksalzen verursacht wird. Haare, die am Rande von Pflanzenteilen, z. B. von Blättern stehen, heißen **Wimpern**; endlich wollen wir noch der sogenannten **Kletter-** oder **Klimmhaare** Erwähnung thun, die mit ihren mit Klammerorganen versehenen Ausläufern dem damit versehenen Pflanzenstengel das Festhaften an Vorsprüngen oder anderen Anhaltspunkten ermöglichen.

Es würde viel zu weit führen, wollten wir an dieser Stelle auf die außerordentliche Mannigfaltigkeit der Gestalt und Bestimmung der Pflanzenzellen ausführlicher eingehen. Auf die mit Bezug auf die Entwickelungsgeschichte wichtigsten Zellen, nämlich diejenigen, die der Fortpflanzung dienen, werden wir später noch zurückkommen, und wollen nun die **Tierzelle** in ihren allgemeinsten Eigenschaften kennen lernen. Wie Mathias Jakob **Schleiden** (1804—1881) um die Erkenntnis der Bedeutung der Pflanzenzelle und des ganzen Pflanzenlebens bahnbrechende Verdienste sich erworben hat, so verdankt die Wissenschaft Theodor **Schwann** (1810—1882) die Erkenntnis, daß Tiere wie Pflanzen aus denselben organischen Grundbestandteilen oder Elementarorganismen, nämlich den Zellen bestehen. Die Ergebnisse seiner mikroskopischen Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen wurden durch spätere Beobachtungen und Erfahrungen ergänzt und teilweise auch berichtigt. Man ist zu der Erkenntnis gelangt, daß die tierische Zelle mit Bezug auf ihre Form und ihren inneren Aufbau viel beweglicher und veränderungsfähiger ist als die pflanzliche und daß namentlich die Hauptmerkmale der Pflanzenzelle, Membran und Zellkern, für die Tierzelle nicht die Bedeutung bestimmender Merkmale haben. Allerdings hat auch diese Erkenntnis in neuester Zeit — dank der Vervollkommnung der Hilfsmittel zur wissenschaftlichen Untersuchung — insofern ihre Berichtigung gefunden, als bei einer beträchtlichen Anzahl von Organismen, die man früher für kernlos hielt, das Vorhandensein dieses Zellelementes unanfechtbar nachgewiesen worden ist, andererseits aber solche kernlose Elemente des tierischen Körpers, die bisher als Zellen galten (namentlich die roten Blutkörperchen der Säugetiere) keine Zellen, sondern Zellprodukte sind. Nur bei den einzelligen kleinsten Lebewesen (Mikroorganismen) wie Bakterien u. a. ist noch nicht durchweg mit voller Sicherheit festgestellt, daß dieselben einen Zellkern besitzen; man kann indes bei dem Umstande, daß das wirkliche Fehlen des Kerns bei keiner Zelle zweifellos nachgewiesen ist, an der Anschauung festhalten, daß auch für die Tierzelle das Vorhandensein des Zellkernes als Regel anzunehmen ist. Neben dem Kern hat man aber in manchen Fällen noch ein sogenanntes **Pol-** oder **Centralkörperchen** (**Centrosoma**) nachgewiesen, dem besonders bei der Vermehrung der Zellen eine wichtige Rolle zuzukommen scheint.

Die Gestalt der Zelle zeigt, wie Häckel in seiner „Anthropogenie“ hervorhebt, eine endlose Mannigfaltigkeit, die er auf die unbeschränkte Fähigkeit ihrer Anpassung an die verschiedensten Thätigkeiten und Existenzbedingungen zurückführt.

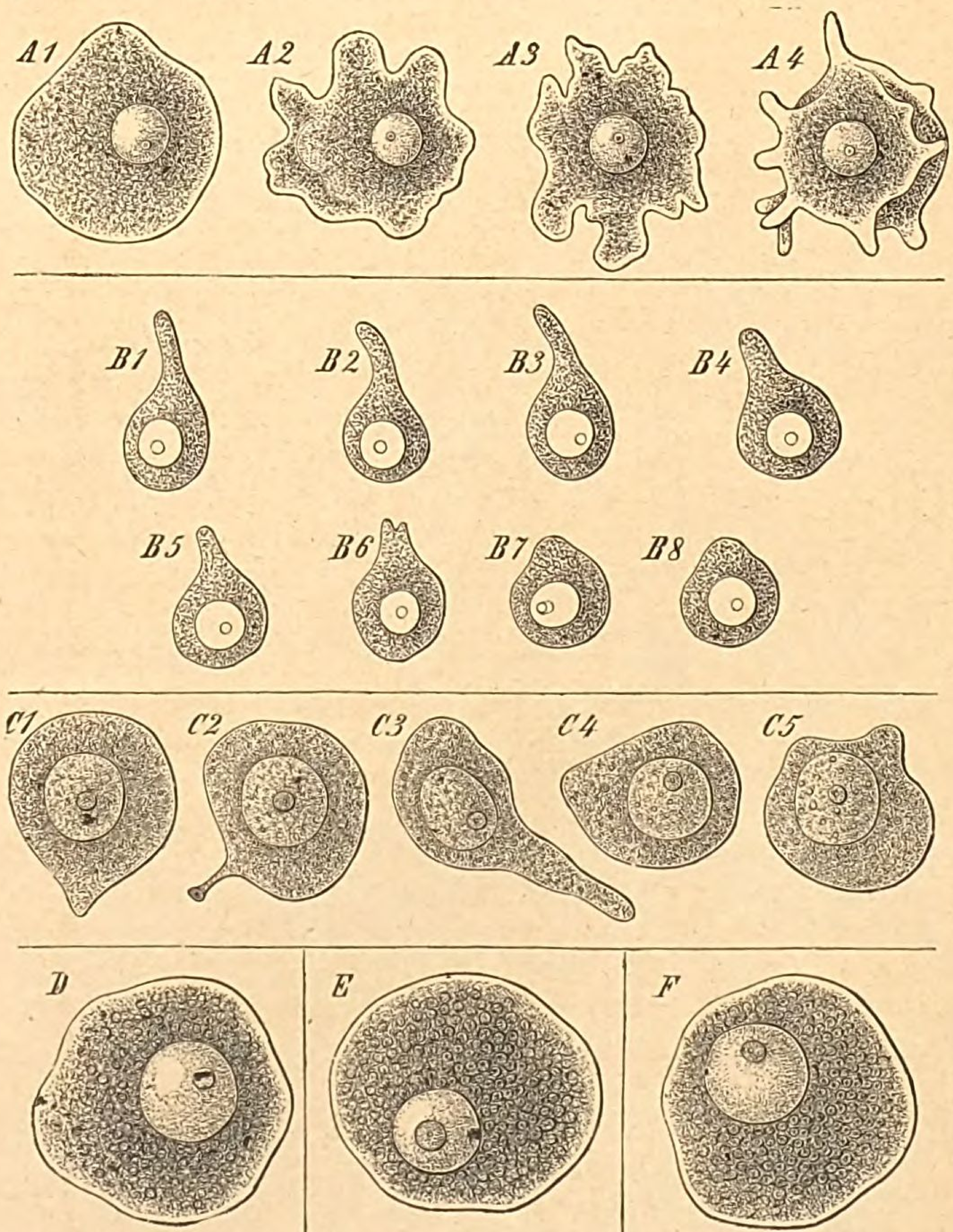
Im einfachsten Falle ist die Zelle kugelig. Diese reguläre Kugelform findet sich namentlich bei solchen Zellen, welche sich bei einer Bauart primitivster Art frei und

unabhängig von äußeren Druckverhältnissen in einer Flüssigkeit entwickeln. Nicht selten ist dann der Zellenkern ebenfalls kugelig und im Mittelpunkte des concentrischen Zellenleibes eingeschlossen. In anderen Fällen besitzen die Zellen gar keine bestimmte Form, weil dieselbe, infolge von automatischen Bewegungen, in beständiger langsamer Veränderung begriffen ist; so bei den Amöben und den amöboiden Wanderzellen, auch bei jungen Eiern. Alle Ureier *) sind nach Häckel nackte formveränderliche Zellen. Unsere Abbildung zeigt in A 1 bis A 4 das Urei eines Kalkschwammes in verschiedenen Form-, oder bestimmter ausgedrückt, Bewegungszuständen; B 1 bis B 8 stellt das Urei eines Schmarotzerkrebses in acht Formen, C 1 bis C 5 Ureier der Katze, D Urei der Forelle, E jenes des Huhnes und F das Urei des Menschen dar.



Querschnitt der kugeligen Stammzelle eines Sterntieres.

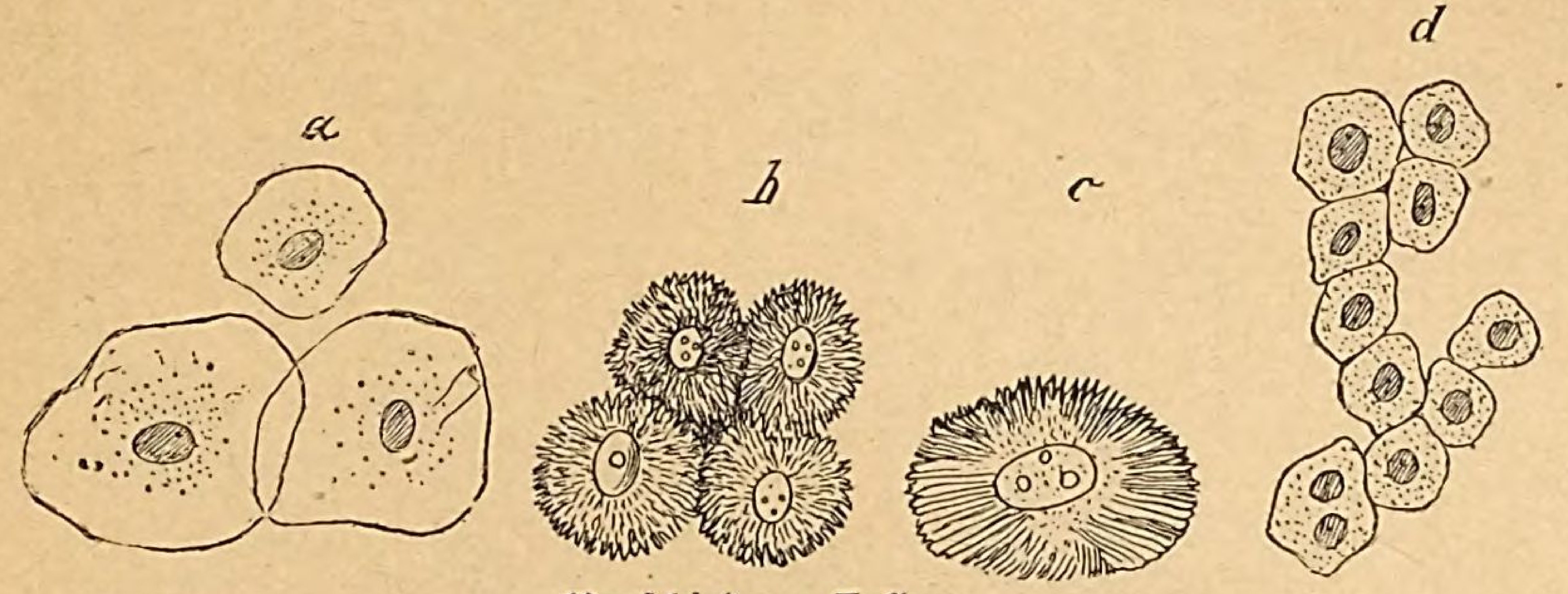
Gewöhnlich nimmt die Zelle im Verlaufe ihrer Entwickelung eine ganz bestimmte Form an. In den Geweben des vielzelligen Tierkörpers, in denen zahlreiche gleichartige Zellen nach bestimmten erblichen Gesetzen verbunden sind, wird ihre Gestalt teils durch die Art dieser Verbindung, teils durch ihre besondere Thätigkeit bedingt.



Ur-Eier verschiedener Tiere,
die sich amöbenartig bewegen.

*) Als „Urei" bezeichnet Häckel die ursprüngliche Form des Tiereies im jugendlichen Zustande, die für alle Eizellen der Tierwelt dieselbe ist. „Wir sind nicht im stande, irgend welche wesentlichen Unterschiede zwischen ihnen, weder hinsichtlich der äußeren Gestalt noch der inneren Zusammensetzung, aufzufinden. Späterhin sind die Eier, obwohl sie einzellig bleiben, doch sehr verschieden an Größe und Gestalt, schließen mannigfaltige Dotterkörperchen ein, haben verschiedene Umhüllungen usw. Wenn man aber die Eier an ihrer Geburtsstätte aufsucht, da, wo sie entstehen, im Eierstock des weiblichen Tieres, so findet man diese Ureier in den ersten Stadien ihres Lebens immer von derselben Bildung, und zwar stellt jedes Urei ursprünglich eine ganz einfache, rundliche, nackte, bewegliche Zelle dar, welche keine Membran besitzt; sie besteht bloß aus einem Cytoplasmaklümpchen und dem davon umschlossenen Nucleus."

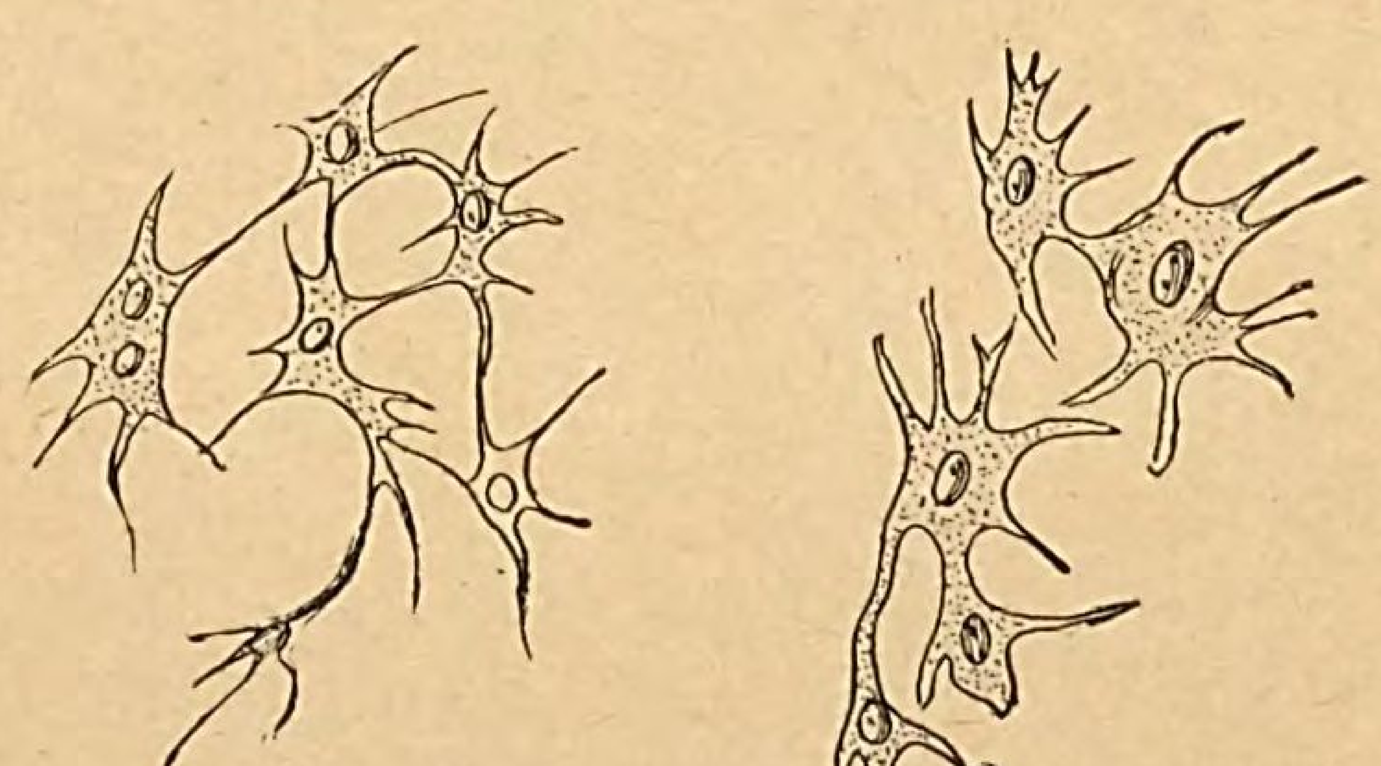
Beispiele hiervon geben die untenstehenden Abbildungen von Epithelzellen*) der menschlichen Zungenschleimhaut (a), die sich als Plattenzellen von sehr zartem Bau darstellen, ferner (b) vier an ihren gesägten Rändern an einander gefügte und (c) eine isolierte Stachel- oder Riffzelle aus der menschlichen Oberhaut (Epidermis),



Verschiedene Zellen.
Nach Häckel.

endlich (d) eine Anzahl reihenweise angeordneter Leberzellen (ebenfalls vom Menschen), von denen eine einen bereits geteilten Kern besitzt. Diese Zellen, bezw. die aus denselben gebildeten Gewebe (Deckengewebe) gehören zu den einfachsten und ursprünglichsten Formen. Häckel bezeichnet sie als „Primäre Gewebe", bei denen gleichartige einfache Zellen pflasterähnlich oder schichtenweise angeordnet sind. Verwickelter wird die Anordnung und Gestaltung bei den sekundären Geweben, die aus jenen erst nachträglich hervorgehen, beim Gewebe der Muskeln, Nerven, Knochen u. s. w. So sind beispielsweise die Knochenzellen sternförmig und hängen durch zahlreiche netzförmig verbundene Ausläufer zusammen; ebenso diejenigen des Zahngewebes und andere Formen des Stützgewebes, wo zwischen den Zellen eine weiche oder feste „Zwischenzellmasse" (Grundsubstanz oder Intercellularsubstanz) ausgeschieden ist. (Vergl. die untenstehenden Abbildungen sowie diejenige auf S. 466.)

Während die einfache kugelige Eizelle das ganze Tier repräsentiert, d. h. die Fähigkeit besitzt, aus sich allein den ganzen vielzelligen Tierkörper hervorzubilden, so daß sie als die gemeinsame Stammmutter aller der Generationen von zahllosen Zellen zu betrachten ist, die sich zu den verschiedensten Geweben des Tierkörpers ausbilden und deren verschiedenartige Kräfte sie der Anlage nach in sich vereinigt, ist die Nervenzelle des Gehirns, wie Häckel hervorhebt, höchst einseitig ausgebildet: „Sie vermag nicht gleich der Eizelle zahlreiche Zellen-Generationen zu erzeugen, von denen sich die einen zu Hautzellen, die anderen zu Fleischzellen, die dritten zu Knochenzellen u. s. w. umbilden. Dafür hat sich aber die Nervenzelle zur Erfüllung der höchsten Lebensthätigkeit ausgebildet; sie besitzt die Fähigkeit zu empfinden, zu wollen, zu denken. Sie ist eine wahre Seelenzelle, ein Elementarorgan der Seelenthätigkeit. Dementsprechend besitzt sie eine höchst verwickelte, feinere Struktur.

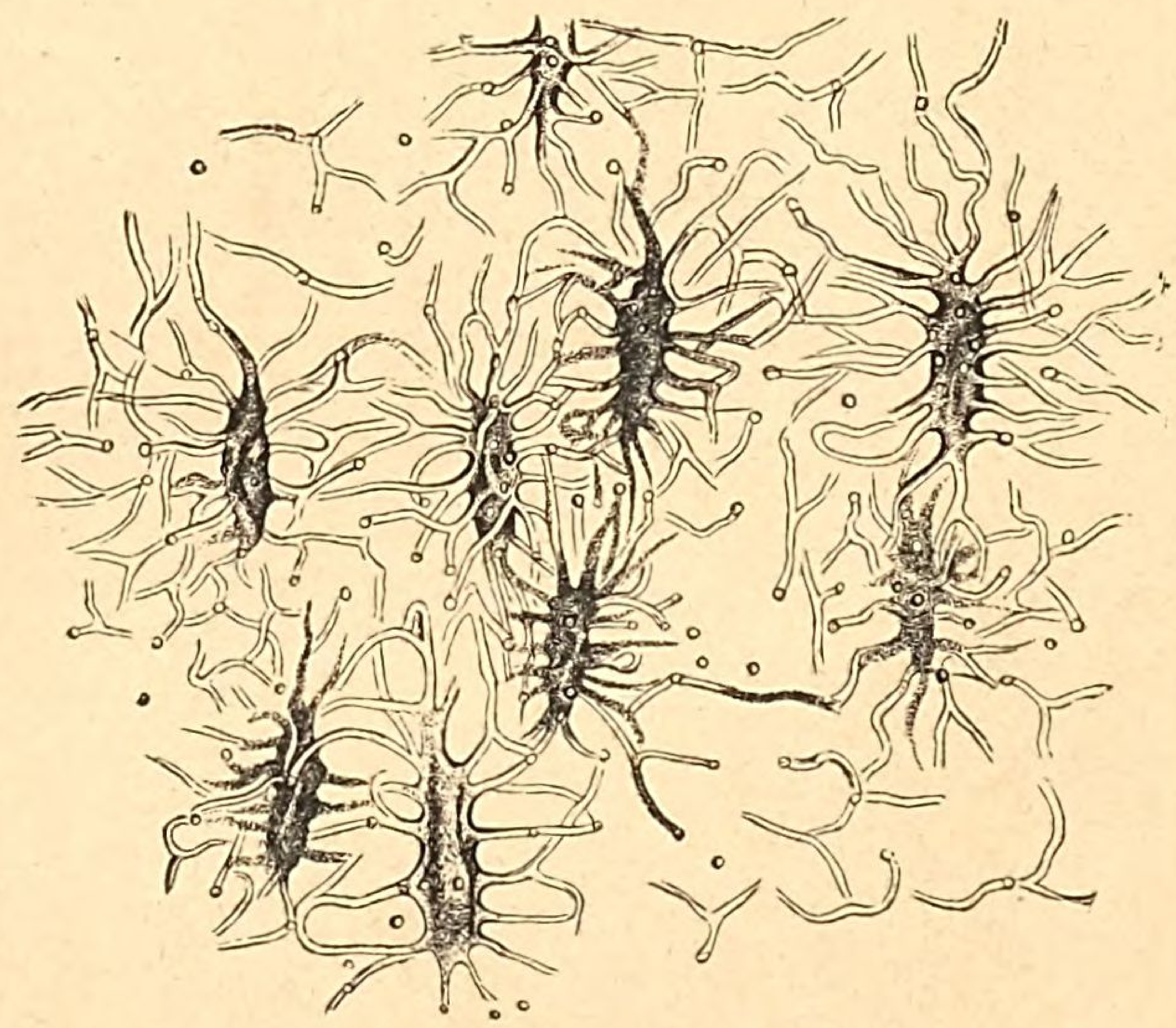


Zahnschmelzzellen.
Nach Häckel.

*) „Epithelium" nennt man die Oberhaut der Schleim- und anderer innerer Häute des Tierkörpers, die sich bald aus plattenförmigen, bald aus cylindrischen, bald wieder aus wimpernden Zellen (Flimmer-Epithelium) zusammensetzt und ohne Unterbrechung an den Körperöffnungen an die Oberhaut der äußeren Haut (Epidermis) sich anschließt.

Unzählige äußerst feine Fäden, vergleichbar den zahlreichen elektrischen Drähten einer großen Centraltelegraphenstation, ziehen sich mannigfach durchkreuzt durch das feinkörnige Protoplasma der Nervenzelle hin und begeben sich in die verästelten Ausläufer, die von dieser Seelenzelle ausgehen und sie mit anderen Nervenzellen und Nervenfasern in Verbindung setzen."

Der größte Teil der Zellen ist nur dem bewaffneten Auge sichtbar, teilweise, wie z. B. viele Bakterien, nur unter Anwendung der stärksten Vergrößerungen. Es giebt aber auch Zellen von mehreren mm oder sogar cm Durchmesser (z. B. viele einzellige Protisten, namentlich Rhizopoden). Eine der größten Zellen ist das ausgereifte Vogelei; sein Dotter, das die eigentliche Eizelle darstellt, erreicht bei den größten Vogelarten mehrere Zoll Durchmesser, und man glaubte es deshalb, zumal da es bläschenförmige Dotterkörnchen einschließt, nicht für eine Zelle ansehen zu dürfen. Diese Ansicht ist indes schon seit langem widerlegt. „Die unbefruchtete und ungeteilte Eizelle des Vogels bleibt mit ihrem einfachen Kerne eine wirkliche Zelle, mag dieselbe noch so sehr durch Produktion gelber Dottermassen anwachsen. Jedes Tier, welches einen einzigen Zellenkern enthält, jede Amöbe, jede Gregarine, jedes Infusionstierchen ist einzellig und bleibt einzellig, wenn es auch noch so viel verschiedene Stoffe frißt. Ebenso bleibt die Eizelle eine einfache Zelle, mag sie später noch so viel gelben Nahrungsdotter im Innern ihres Protoplasma anhäufen. Anders verhält sich das Vogelei natürlich, sobald es befruchtet wird. Dann zerfällt sein Zellkern durch wiederholte Teilung in viele Kerne, und ebenso teilt sich entsprechend das Protoplasma der Narbe oder des Hahnentrittes, welches dieselben umgiebt. Dann besteht das Vogelei aus so vielen Zellen, als Kerne in der Narbe vorhanden sind. An dem befruchteten und gelegten Vogelei, das wir täglich verzehren, ist daher die gelbe Dotterkugel bereits ein vielzelliger Körper."



Sternförmige Knochenzellen
mit verästelten Ausläufern.

Wir kommen nun noch auf die bereits oben erwähnten Blutzellen zurück, von denen hier eine Abbildung folgt. Wie schon gesagt, besitzen die roten Blutkörperchen weder Hülle noch Kern, sondern bestehen durchaus aus einer gleichartigen, zähflüssigen Masse von roter oder rötlichgelber Farbe. Dagegen haben die an Zahl weit geringeren, an Größe aber die roten Blutkörperchen übertreffenden weißen Blutkörperchen, auch Lymphkörperchen, Lymphoid- oder Wanderzellen genannt, eine graumelierte Hülle nebst Kernen, und zeigen bei Körperwärme amöboide Bewegungen und Gestaltveränderungen; unter Umständen verlassen sie sogar die Blutgefäße, indem sie deren Wandung durchbohren und innerhalb der

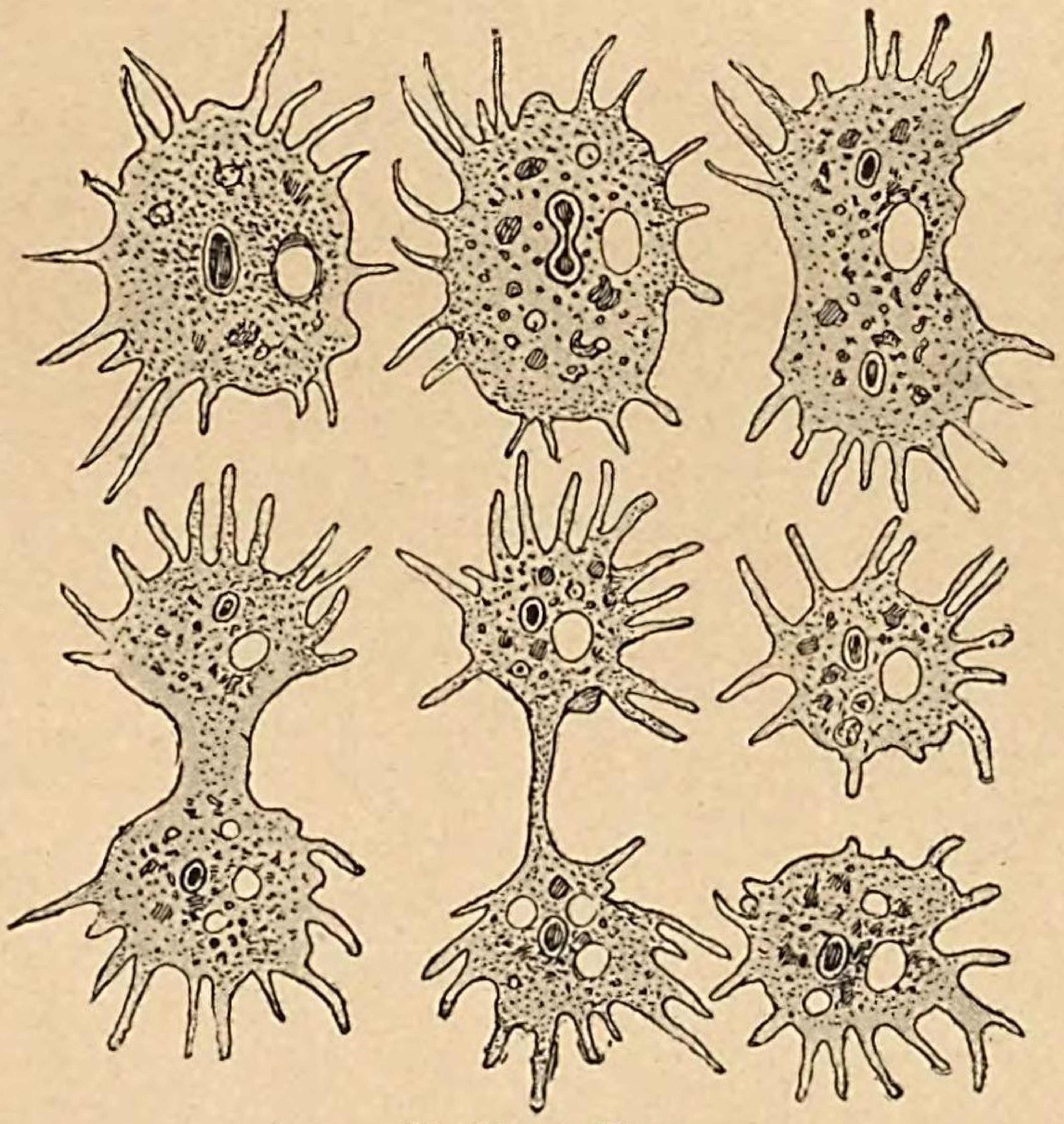


Blutzellen.
Nach Häckel.

Gewebe als Eizellen auftreten. Die weißen Blutkörperchen sind von kugelähnlicher Gestalt, die roten haben eine für jede Tiergattung verschiedene, eigentümliche Gestalt, so daß man Menschen- von Tierblut und ebenso das Blut verschiedener Tiere unterscheiden kann. Die meisten Säugetiere haben, wie auch der Mensch, scheibenförmige, rote Blutkörperchen; bei den Vögeln haben diese länglich ovale Gestalt, bei den Reptilien und den Amphibien sind sie ovalrund, in der Mitte stark erhaben, auch bedeutend größer als beim Menschen. Auf je 150—350 rote Blutkörperchen kommt ein weißes.

Wie schon früher erwähnt, sind vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte aus diejenigen Funktionen der Zelle die wichtigsten, durch die die Erhaltung der organischen Welt bewirkt wird. Mit ihrer Erkenntnis, wie sehr diese auch noch der Vervollständigung bedürfen mag, ist der uralte Wunderglaube, der sich an die Geheimnisse des Lebens knüpfte, in eitel Dunst zerronnen, und der natürlichen Weltanschauung das letzte Hindernis aus dem Wege geräumt. Die Aufschlüsse, die uns die Geologie über den Entwickelungsgang der organischen Welt in seinem historischen Zusammenhange gegeben hat, erhalten ihre volle Bedeutung erst durch die Erkenntnis der Uebereinstimmung, die zwischen diesem historischen und dem Entwickelungsgange des einzelnen Lebewesens herrscht.

Die Fortpflanzung beginnt bei der Zelle; alles Wachstum ist nichts anderes als eine Vergrößerung und Vermehrung, also Fortpflanzung der Zellen, mögen diese nun bloß der Baustoff sein, aus welchem höhere Organismen sich entwickeln, oder mögen sie als einzellige Lebewesen ein selbständiges Dasein führen. Im engeren Sinne versteht man indes unter Fortpflanzung denjenigen Vorgang im Tier- und Pflanzenreiche, durch welchen die Hervorbringung neuer Individuen vermittelt wird.



Amöbenteilung.

Die einfachste Form der Fortpflanzung ist diejenige der Teilung. Wir finden sie bei den niedrigsten einzelligen Organismen, den Amöben, und unsere obenstehende Abbildung veranschaulicht uns den Prozeß dieses Fortpflanzungsaktes. Der dunkle Fleck im Innern der noch nicht geteilten Amöbe stellt den Zellkern, der helle eine zusammenziehbare Vacuole im Protoplasma dar. Mit fortschreitendem Wachstum der Amöbe beginnt der Zellkern sich abzuschnüren, und endlich teilt er sich, wie dies die rechtsseitige Figur der oberen Reihe zeigt. Nun schnürt sich auch die Protoplasmamasse ab, die Vacuole teilt sich oder entsteht neu, die Abschnürung wird immer deutlicher und endigt mit der Teilung des Körpers in zwei selbständige Organismen, deren jeder, wenn sein Wachstum bis zu einer gewissen Höhe gediehen ist, denselben Prozeß von neuem durchmacht. Daß auch jene einfachen Protoplasma-Klümpchen, die wir als „Moneren" bereits kennen gelernt haben, den gleichen Fortpflanzungsprozeß mittels Teilung durchmachen, werden wir später noch in ausführlicherer Weise erfahren.

Hier löst sich also die zur Bildung eines neuen Individuums bestimmte Zelle oder Zellengruppe vom elterlichen Organismus ab. Derselbe Fall tritt ein, wenn die Fortpflanzung durch Knospung erfolgt, wie dies bei niedrigen mehrzelligen Tieren, wie Hohl-

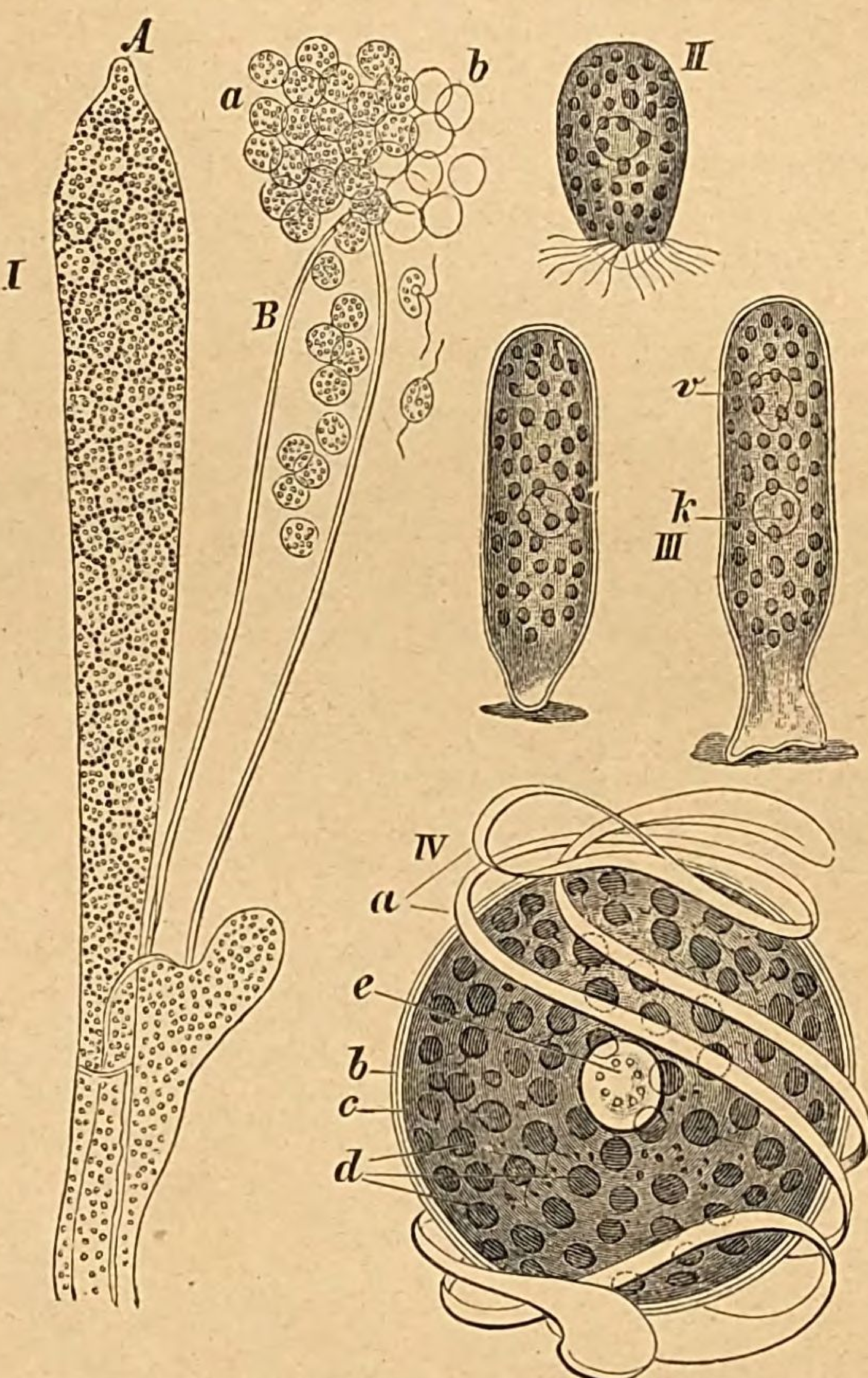
tieren, Würmern u. s. w. der Fall ist. Auch bei Pflanzen kann diese Fortpflanzungsform beobachtet werden, so beim Türkenbunde, dessen kleine, blattachselständige Knöllchen durch Ablösung von der Mutterpflanze neue Individuen bilden. Bei den meisten Pflanzen und gewissen Arten von Tieren, so z. B. bei den Korallentieren, bleiben die durch Knospung neu entstandenen Individuen dauernd mit dem Mutterorganismus im Zusammenhange und bilden Tier- oder Pflanzenstöcke. Die Fähigkeit, sich zu neuen Individuen umzubilden, erstreckt sich entweder auf alle Zellen und Zellengruppen des betreffenden Organismus, oder sie ist auf bestimmte Regionen oder Organe beschränkt. So vermehren sich bei mehrzelligen Organismen gewisse Zellen in bestimmter Richtung und erlangen durch Ausdehnung, Wachstum und Bildung einer — bald nach innen, bald nach außen gekehrten — Hervorragung schließlich die Gestalt des Organismus, dem sie angehören; es bildet sich eine Knospe, die man sich als selbständiges Individuum auch dann vorzustellen hat, wenn sie mit dem Mutterkörper vereint bleibt, auf oder in demselben weiter lebt und sich fortentwickelt. Am besten wird die Selbständigkeit der Knospe durch den Hinweis auf den altbekannten gärtnerischen Kunstgriff des Okulierens oder Pfropfens veranschaulicht, weil hier thatsächlich die Lostrennung vom Mutterkörper bereits stattgefunden hat, ehe das gepfropfte Reis oder das eingefügte Auge auf dem neuen Mutterboden zu weiterer Entwickelung gelangt. Die durch Knospung entstandenen Tier-Individuen entwickeln sich teils äußerlich, teils innerlich am Mutterkörper und lösen sich meist nach Erreichung eines bestimmten Entwickelungsstadiums von demselben ab, um selbständig weiter zu leben. Ein Beispiel der Knospung im Innern des Mutterkörpers bietet die von Adalbert Chamisso zuerst entdeckte, sogenannte Ammenzeugung, die bei niederen Tieren (Salpen, Medusen, Saugwürmern) vorkommt. Hier bringen ungeschlechtliche, aber von geschlechtlich unterschiedenen Eltern herstammende Individuen (sogenannte „Ammen") eine Nachkommenschaft hervor, die entweder in erster oder auch erst in zweiter Generation wieder geschlechtlich organisierte Nachkommen haben, aber auch durch Teilung oder Sprossung sich vermehren können. Das Organ, innerhalb dessen die Fortpflanzung sich vollzieht, ist entweder ein einfacher Keimschlauch (und in diesem Falle identisch mit der Individualität der „Amme" selbst) oder ein innerer Keimstock; doch können die „Ammen" auch die gleich hohe Organisation haben, wie die Geschlechtstiere selbst.

Zellen, denen die Fähigkeit innewohnt, durch Vereinigung mit anderen, speziell dem Fortpflanzungszwecke dienenden, oder auch für sich allein neue Individuen zu bilden, werden bei den Pflanzen Keimkörner, Keimzellen oder Sporen, bei den Tieren Eier genannt. Ihre Bildung erfolgt immer innerhalb eigener Organe, die der Sporen in den Sporangien, die der Eier in den Ovarien oder Eierstöcken. Entwickeln sie sich selbständig zu Organismen, so nennt man dies Parthenogenesis oder „Jungfernzeugung", bedürfen sie aber zu ihrer Entwickelung der Befruchtung durch einen besonderen Zeugungsstoff, so wird dieser Vorgang als geschlechtliche Fortpflanzung bezeichnet. Eines der bekanntesten Beispiele von Parthenogenesis geben die Bienen, deren Königinnen sowohl befruchtete als auch unbefruchtete Eier legen; aus ersteren entwickeln sich nur weibliche, aus letzteren nur männliche Individuen (Drohnen). Es liegt völlig im Willen der Bienen, ob sich das weibliche Individuum zu einer zeugungsfähigen Königin, oder zu einer geschlechtlich verkümmerten Arbeitsbiene entwickeln soll; für die ersteren werden größere Brutzellen angelegt und für reichlicheres und besseres Futter gesorgt, wodurch die vollkommene Entwickelung der weiblichen Organe in der Larve und später in der verpuppten Nymphe herbeigeführt wird, wogegen diese Organe bei der zu Arbeitsbienen sich entwickelnden Brut verkümmern, andere Organe aber bei diesen sich kräftiger entwickeln als bei den Königinnen.

Die weibliche Keimzelle wird sowohl bei den Pflanzen als auch bei den Tieren „Ei", die befruchtende, männliche, Samen genannt. Beide sind entweder in einem Individuum vereinigt, was vorzugsweise bei den Pflanzen der Fall ist, oder auf zwei Individuen (männlich und weiblich) verteilt. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist für alle Wirbeltiere die ausschließliche Form der Zeugung, kommt aber auch, wie schon früher

erwähnt, bei solchen pflanzlichen und tierischen Organismen vor, die sich auch durch Teilung oder Sprossung vermehren. Bei den Pflanzen sind männliche und weibliche Geschlechtsorgane teils in denselben Blüten, teils in verschiedenen Blüten auf demselben Stamme vereinigt, in selteneren Fällen aber auch auf verschiedene Stämme verteilt. Bei den Tieren kommt Zwitterbildung bei Insekten, Spinnen und Krustentieren, sowie bei allen Wirbeltieren nur selten vor, dagegen sind bei allen übrigen Tieren hermaphroditische*) (zwitterhafte) Ordnungen nicht selten, ja es kommen sogar in einer und derselben Ordnung hermaphroditische Familien und solche mit getrennten Geschlechtern nebeneinander vor.

Die niedrigsten Pflanzen besitzen keine geschlechtliche Fortpflanzung, sondern ihre Vermehrung erfolgt durch ungeschlechtlich hervorgebrachte Vermehrungszellen, die sogenannten Sporen, die entweder frei oder in geschlossenen Behältern entstehen. Wenn diese keimen, so tritt, wie E. Gilg den Vorgang beschreibt, ihr Plasma als ein Schwärmer oder als ein amöboider Körper aus, der sich durch Zweiteilung vermehrt, mit den Plasmamengen anderer Sporen in Verbindung tritt und mit ihnen größere Plasmakomplexe, Plasmodien, bildet. Diese zeigen dann längere Zeit hindurch eine kriechende Bewegung, so lange, bis sie wieder zur Vermehrung schreiten und Sporen zu produzieren beginnen. Unsere Abbildung zeigt das Ausschwärmen von Sporen einer Achlya (Fig. I), die in A noch geschlossen, in B dagegen in dem Augenblicke dargestellt ist, da sie die Sporen (a) entläßt; b stellt die zurückgebliebenen Häute ausgeschwärmter Sporen dar. In Fig. II sehen wir eine Schwärmspore von Oedogonium, einer Algengattung, die sich durch eine besondere Art der Fortpflanzung auszeichnet. Ihre großen Schwärmer (auf unserer Abbildung gleich allen übrigen Figuren in mikroskopischer Vergrößerung dargestellt) tragen an dem einen Ende einen Wimpernkranz, vermittelst dessen sie im Wasser sich fortbewegen können. Das Oogonium, das weibliche Organ dieser sowie zahlreicher anderer Algen und Pilze, welches nur aus einer Zelle besteht, deren Inhalt sich dann zu einer oder mehreren weiblichen Zellen (Eierzellen oder Oosphären) auswächst, öffnet sich zur Zeit seiner Reife und läßt die männlichen Zellen eindringen. Die aus der Befruchtung hervorgehenden Sporen heißen Oosporen. Unsere Abbildung zeigt eine solche nebst dem daraus hervorgegangenen neuen Pflänzchen (Fig. III). Fig. IV stellt eine reife Spore des Ackerschachtelhalmes in 700maliger Vergrößerung dar. Wir sehen bei a die äußeren, bei b die mittlere und bei c

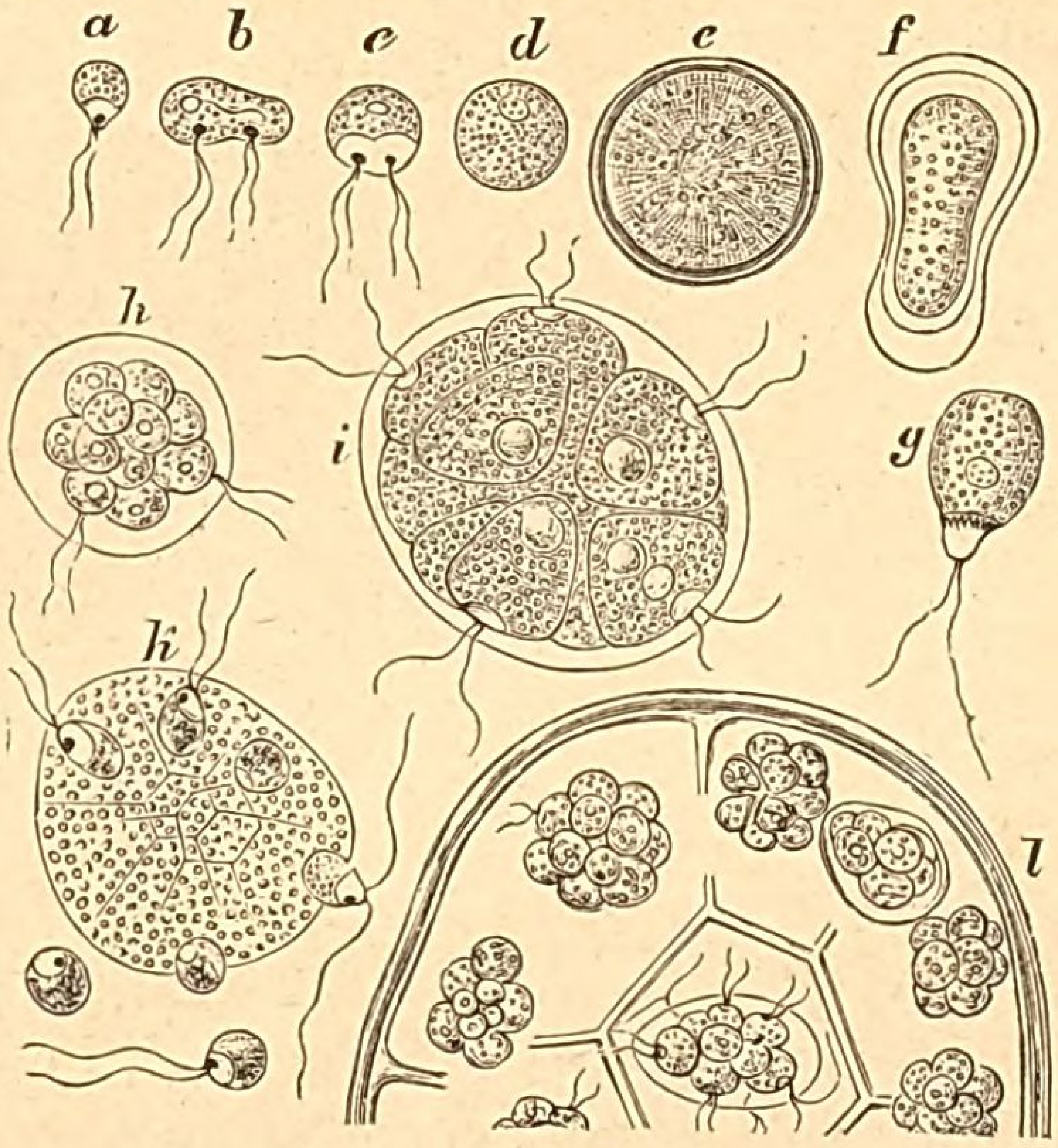


Verschiedene Schwärmsporen.

*) Hermaphroditos, ein Sohn des Hermes (Merkur) und der Aphrodite (Venus) wurde nach der von Ovid überlieferten Sage mit einer Nymphe, der er Gegenliebe versagte, auf deren Flehen von den Göttern zu einem einzigen Wesen verbunden, das halb Mann, halb Weib war. Daher nennt man Zwitterbildungen hermaphroditisch.

die innerste Sporenhaut; d sind Chlorophyllkörner, e der Zellkern der Spore. Um den Körper der Spore legt sich die in vier Bänder umgebildete äußere Membranschicht (Exospor) schraubenartig herum. Bei trockener Luft schließt sich dieses Exospor fest an die Spore an, sobald es aber feucht wird, löst es sich ruckweise los und wirkt dann wie eine Schleuder auf die Spore, deren Bewegung über einen weiten Raum es auf diese Weise vermittelt.

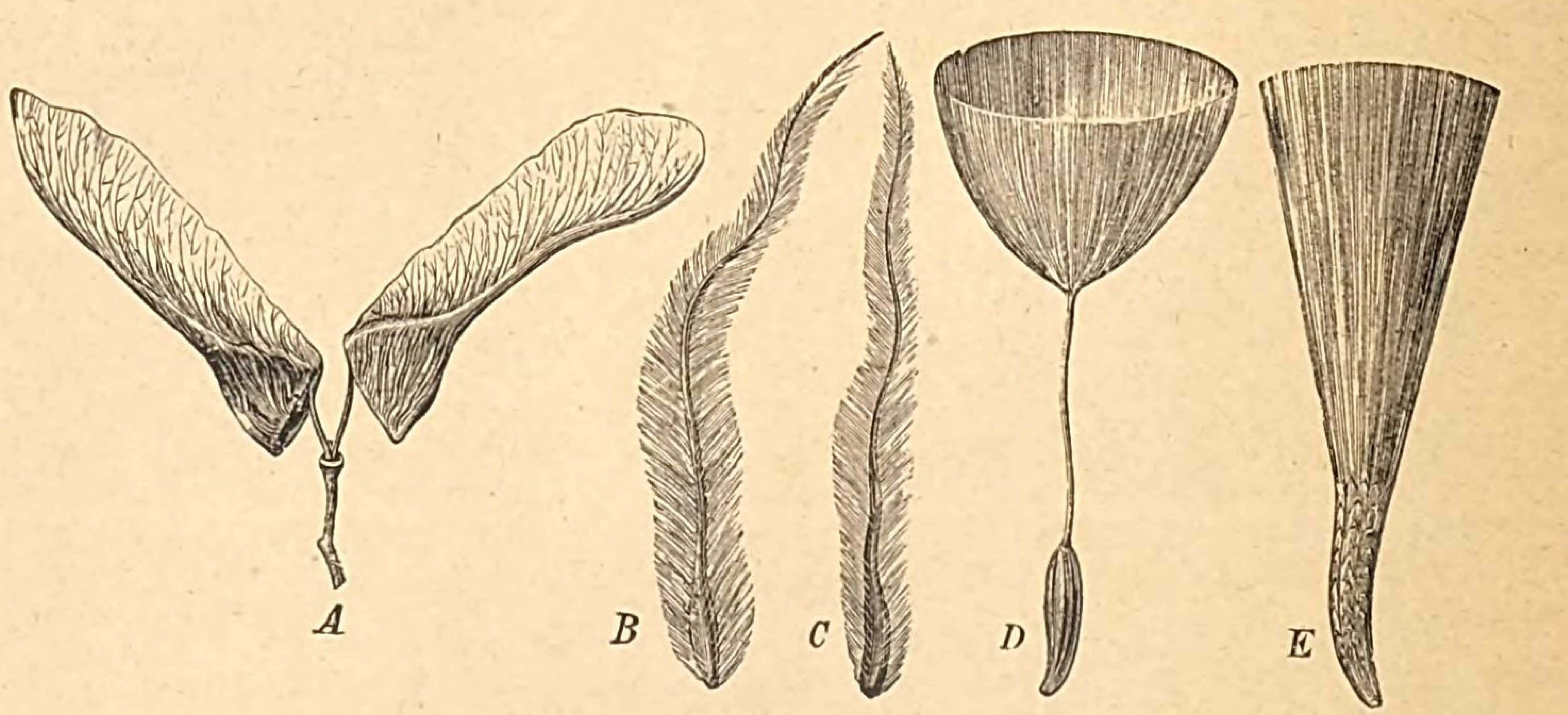
Die untenstehende Abbildung zeigt uns verschiedene Schwärmzustände von Sporen der Algenart Pandorina morum, die kugelige Kolonien von Schwärmsporen bildet.



Verschiedene Schwärmzustände.

Diese bestehen aus mehr oder weniger abgeplatteten Zellen, die sich gegenseitig berühren und deren Geißeln nach allen Richtungen ausstrahlen. Wir sehen in i eine solche Kolonie, in der die Zellen noch beisammen liegen, während in k dieselben bereits auszuwandern begonnen haben. l zeigt uns eine Kolonie, in der jede Zelle in mehrere Tochterzellen geteilt ist. Von den ausgewanderten Sporen sehen wir in a ein einzelnes Individuum, in b zwei Schwärmer in Kopulation, in c und d weitere Entwickelungsstadien, in e eine zu größerer Entwickelung gelangte sogenannte Zygospore, die sich in f in eine große Schwärmspore umwandelt. In g sehen wir die freigewordene Schwärmspore, und in h eine junge, aus 16 Individuen bestehende Familie, deren Weiterentwickelung in den folgenden Figuren i, k und l, wie bereits angegeben, dargestellt ist.

Während durch die Beweglichkeit der Sporen die Fortpflanzung der niederen Pflanzen vermittelt wird, bedarf der Samen höherer Pflanzenarten, bei denen die verschiedenen Geschlechter getrennte Standorte haben, zuweilen einer von außen wirkenden Kraft, die ihnen

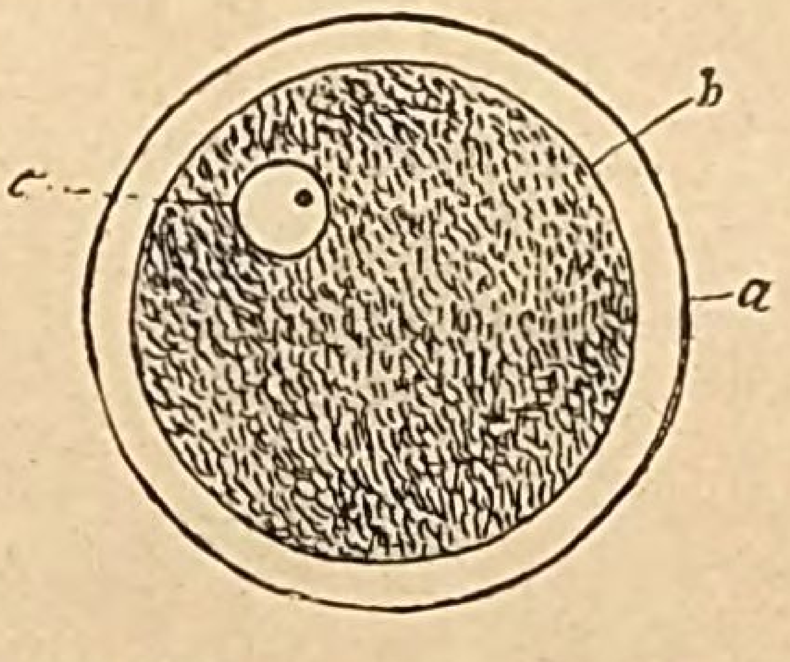


Flugsamen.

die Möglichkeit der Vereinigung bietet. Der Samen vieler Pflanzen wird durch Insekten übertragen, andere haben sogenannten Flugsamen, dessen Transport der Wind oft auf

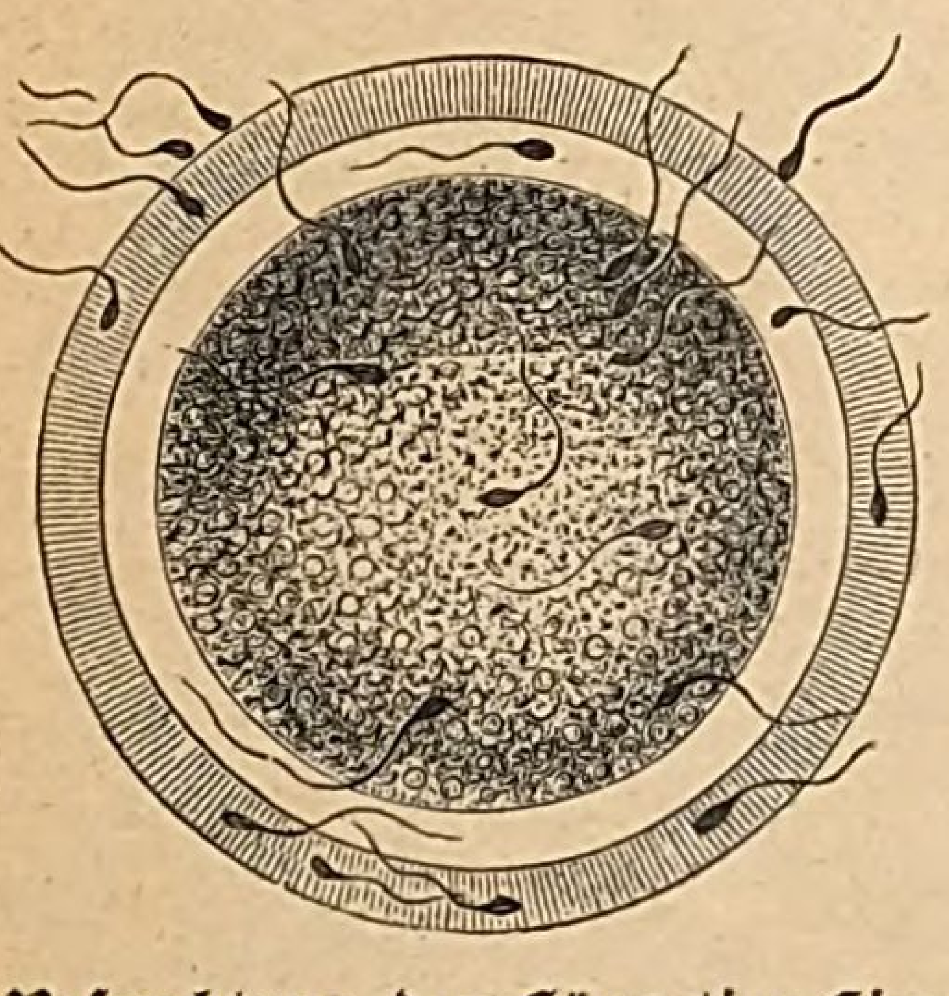
weite Strecken vermittelt. Unsere Abbildung auf S. 470 zeigt mehrere Formen von solchem Flugsamen, und zwar in A die Flügelfrucht des Ahorns, in B die Flugvorrichtung des Samens der Küchenschelle, in C jene der Alpenanemone, in D den Flugsamen des Löwenzahns und in E denjenigen des Habichtskrautes.

Leider gestattet es der Raum dieses Buches nicht, von allen den hochinteressanten Vorrichtungen und Vorkehrungen, die die Natur zur Vermittelung und Förderung der Fortpflanzung ins Werk gesetzt hat, mehr als solche vereinzelte Beispiele anzuführen. Wir müssen uns daher hinsichtlich der Pflanzenwelt auf dieses Wenige beschränken, und können auch von der Fortpflanzung der Tierwelt nur denjenigen Teil in aller Kürze darstellen, der entwickelungsgeschichtlich am allerwichtigsten ist, den Entwickelungsgang des befruchtenden Tierkeimes.



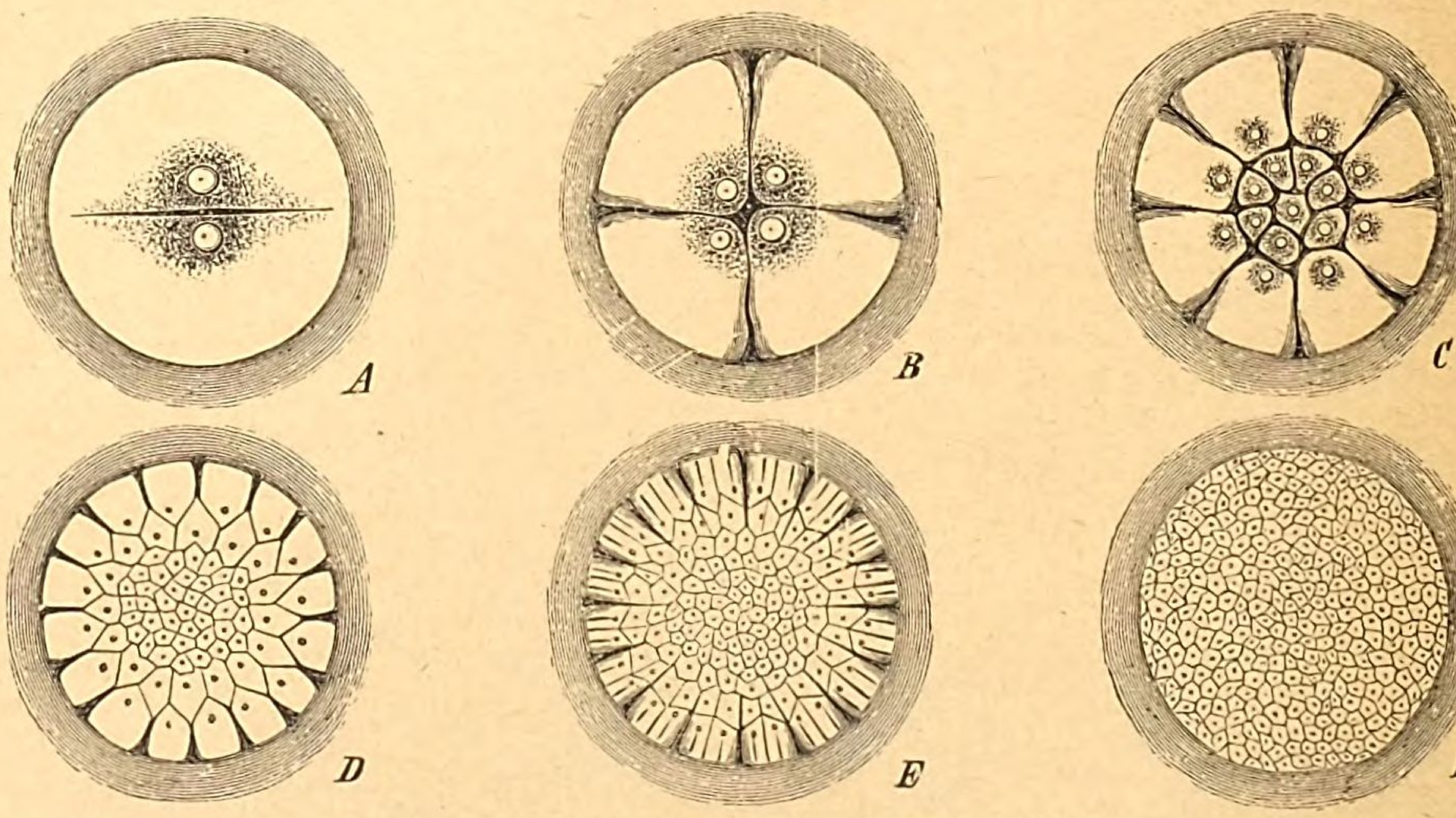
Eizelle des Menschen.

Der Vorgang der Befruchtung beruht auf dem Zusammenkommen und der Verschmelzung oder Verwachsung zweier verschiedener Geschlechtszellen. Unsere nebenstehende Abbildung stellt eine unbefruchtete Eizelle des Menschen in hundertfacher Vergrößerung dar. Dieselbe ist nach Form und Zusammensetzung nicht wesentlich von derjenigen der übrigen Säugetiere verschieden, und wir werden später sehen, daß auch die ersten Entwickelungsstadien des befruchteten Menscheneies große Aehnlichkeit mit denjenigen der Tiere haben. Die Befruchtung erfolgt durch das Eindringen der fadenförmigen, lebhaft beweglichen Samen- oder Spermazellen in die körnige Dottermasse, wie unsere untenstehende Abbildung sie zeigt. Das Eindringen wird durch die Porenkanälchen vermittelt, die die Eifrucht von außen her gegen den Mittelpunkt des Dotters hin durchbohren. Die Kerne der beiderseitigen Geschlechtszellen verschmelzen miteinander und bilden nun eine neue Zelle, die in ihrer Substanz die Bestandteile beider elterlichen Zellen samt den darin enthaltenen beiderseitigen Eigenschaften und Entwickelungsfähigkeiten als ein untrennbares Ganzes einschließt. Die befruchtete Eizelle ist die eigentliche Stammzelle des neuen Individuums, denn alle übrigen Zellen des werdenden Organismus stammen von ihr ab. In dieser Stammzelle beginnt nun die Entwickelung zunächst durch wiederholte Teilung oder Furchung, deren verschiedene Stadien im Vogelei die schematische Darstellung auf S. 472 in ungefähr zehnfacher Vergrößerung veranschaulichen soll. Häckel, dem diese Darstellung entnommen ist, hebt hervor, daß das Vogelei für den Forscher von ganz besonderer Bedeutung ist, weil die meisten und wichtigsten Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbeltiere sich auf Beobachtungen am brütenden Hühnerei gründen. Das Vogelei unterscheidet sich, wie er ausführt, von dem kleinen Säugetierei wesentlich durch seine sehr bedeutende Größe, indem sich innerhalb des ursprünglichen Dotters oder des Protoplasmas der Eizelle eine sehr bedeutende Masse von fettreichem Nahrungsdotter ansammelt. Das ist die gelbe Kugel, welche wir täglich als „Eidotter“ verzehren. Um zu einem richtigen Verständnis des Vogeleies zu gelangen, welches vielfach ganz falsch gedeutet worden ist, müssen wir dasselbe in seinen allerjüngsten Zuständen aufsuchen und von Anfang seiner Entwickelung an im Eierstock des Vogels verfolgen. Da sehen wir denn, daß das ursprüngliche Vogelei eine ganz kleine und nackte, einfache Zelle mit Kern ist, weder in der Größe noch in der Form von der ursprünglichen Eizelle der Säugetiere und anderer Tiere verschieden. Wie bei allen Schädeltieren wird die ursprüngliche Eizelle oder das Ur-Ei von einer Schicht kleinerer Zellen ringsum bedeckt, wie von einem Epithel. Diese


Befruchtung des Säugetier-Eies durch die Samenzelle.

Epithelhülle ist der Eifollikel, aus welchem die Eizelle später austritt. Unmittelbar darunter wird vom Eidotter die strukturlose Dotterhaut ausgeschieden.

Sehr frühzeitig nun beginnt das kleine Ur-Ei des Vogels eine Masse von Nahrungsstoff durch die Dotterhaut hindurch in sich aufzunehmen und zu dem sogenannten „gelben Dotter“ (dem Eigelb oder Dottergelb) zu verarbeiten. Dadurch verwandelt sich das Ur-Ei in das Nach-Ei, welches vielmals größer ist als das Ur-Ei, aber dennoch nur eine einzige, kolossal vergrößerte Zelle darstellt. Durch die Ansammlung der mächtigen gelben Dottermasse im Innern der Protoplasmakugel wird der darin enthaltene Kern (das „Keimbläschen“) ganz an die Oberfläche der Dotterkugel gedrängt. Hier ist derselbe von einer geringen Menge Protoplasma umgeben und bildet mit diesem zusammen den linsenförmigen „Bildungsdotter“. Dieser erscheint außen auf der gelben Dotterkugel an einer Stelle der Oberfläche als ein kleines, kreisrundes, weißes Fleckchen, der sogenannte „Hahnentritt“ oder die „Einarbe“. Diese ganze weiße Dottermasse ist aber nicht scharf von dem gelben Dotter getrennt, der auf erhärteten Eiern eine schmale Andeutung von konzentrischer Schichtung zeigt. Wie an diesem kugeligen, gelben Vogelei im Eierstock, so

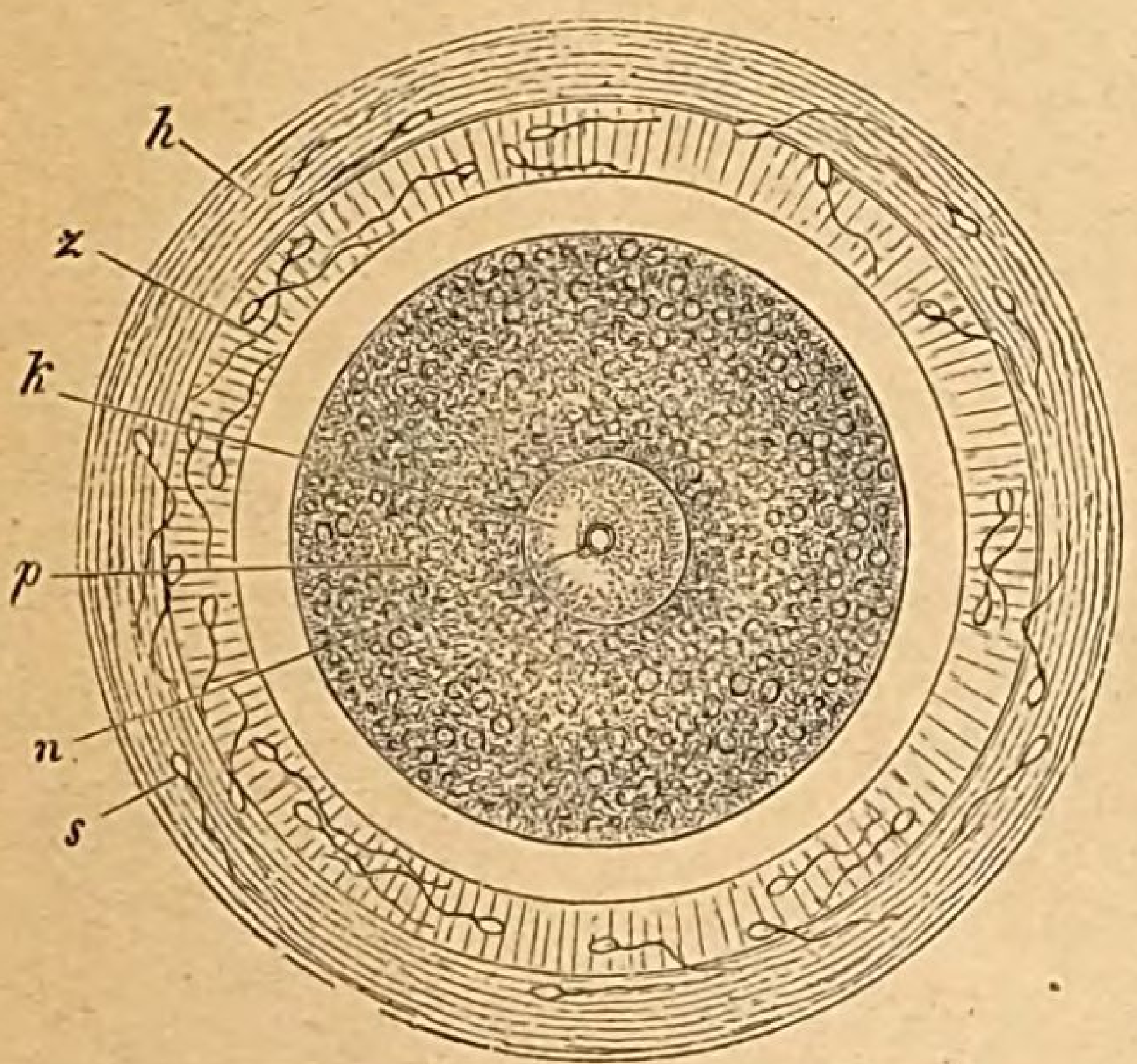


Scheibenförmige Furchung des Vogeleies.

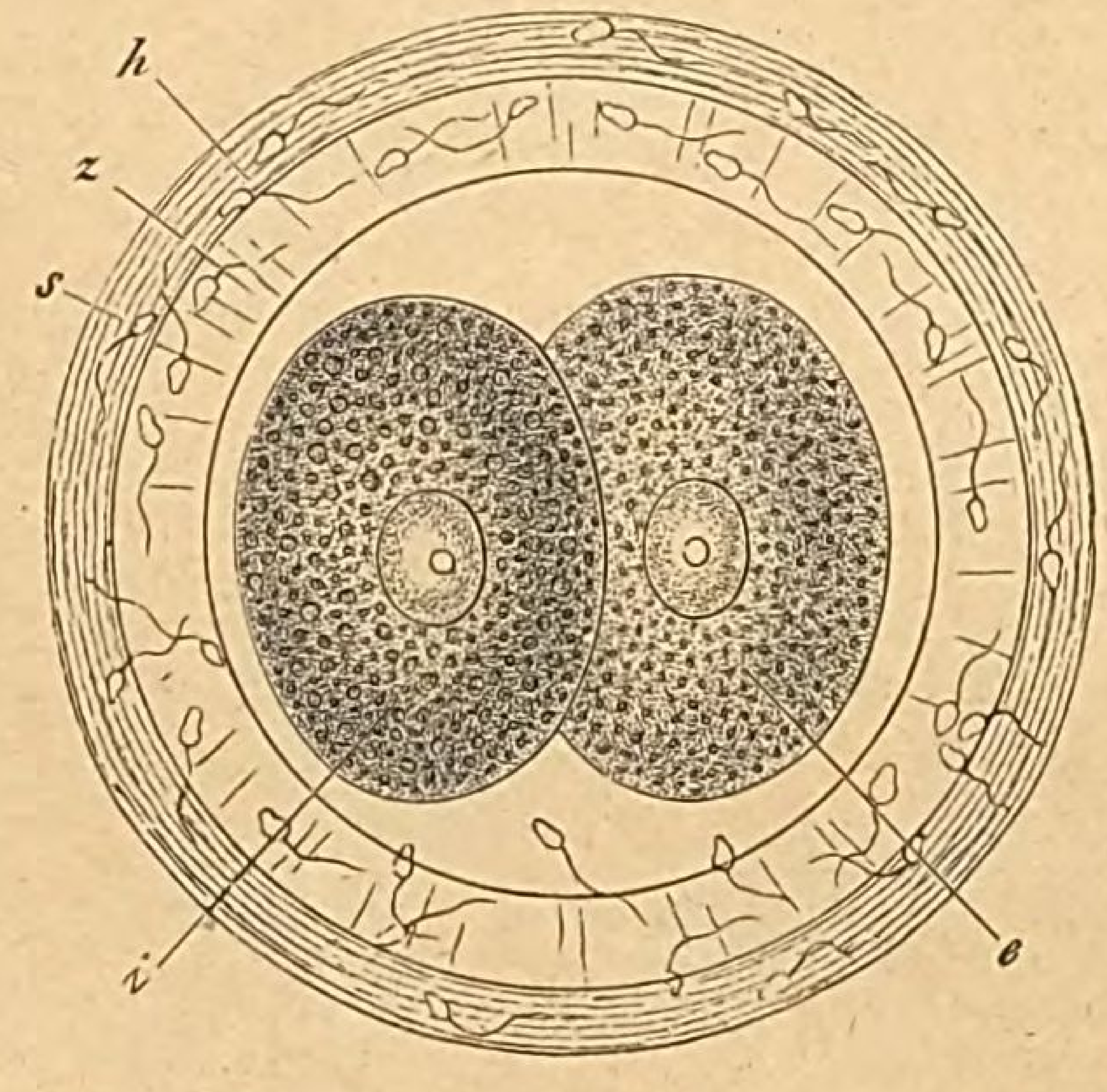
findet man auch an dem gelegten Hühnerei, wenn man die Eischale öffnet und den Dotter herausnimmt, an dessen Oberfläche eine kreisrunde, weiße Scheibe, die der Narbe oder dem Hahnentritt entspricht. Jetzt ist diese kleine, weiße „Keimscheibe“ aber schon weit entwickelt. Aus ihr allein entsteht der Körper des Tierchens. Die ganze gelbe und weiße Dottermasse ist völlig bedeutungslos für die Gestaltung des entstehenden Hühnchens, indem dieselbe nur als Nahrungsstoff von dem sich entwickelnden Embryo verbraucht, als Proviant verzehrt wird. Die klare, zähflüssige, voluminöse Eiweißmasse, welche den gelben Dotter des Vogeleies umgiebt, und ebenso die feste Kalkschale des letzteren werden erst innerhalb des Eileiters um das bereits befruchtete Vogelei herum gebildet.

Nachdem die Befruchtung des Vogeleies innerhalb des mütterlichen Körpers erfolgt ist, vollzieht sich an der linsenförmigen Stammzelle der Vorgang der flachen, scheibenförmigen Furchung. Zunächst entstehen aus der Stammzelle zwei gleiche Furchungszellen (A). Diese zerfallen in 4 (B), darauf in 8, 16, 32, 64 u. s. w. Immer geht der Zellenteilung auch die Teilung des Kernes voraus. Die Trennungsflächen zwischen den Furchungszellen erscheinen an der freien Oberfläche der „Narbe“ als „Furchen“. Die beiden ersten Furchen stehen senkrecht aufeinander, im Kreuz (B). Darauf entstehen zwei neue Furchen,

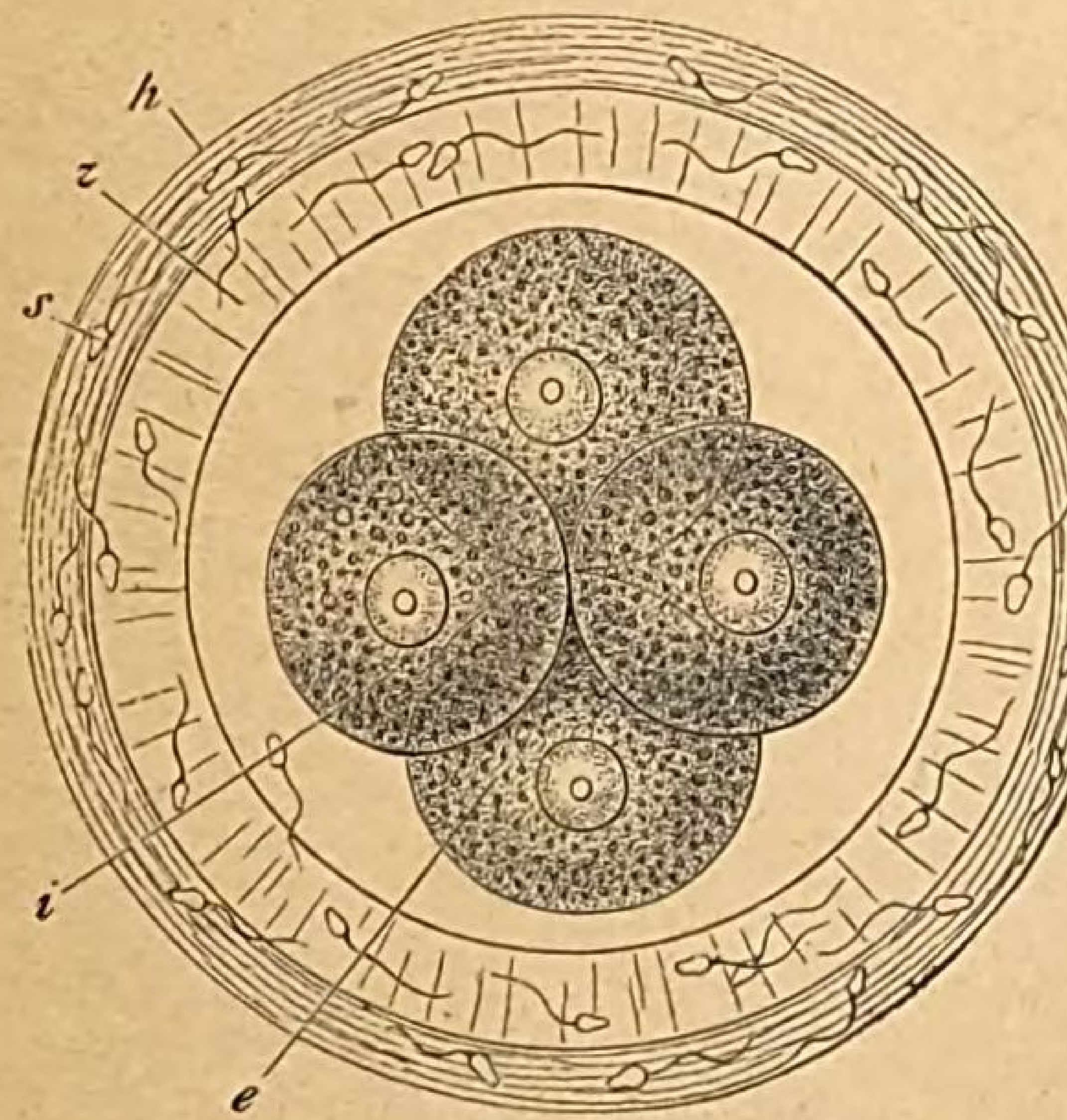
welche die ersteren unter einem Winkel von 45° schneiden. Die Narbe, die so zur „Keimscheibe" wird, bildet jetzt einen achtstrahligen Stern. Indem nun um die Mitte eine Ringfurche entsteht, werden aus acht dreieckigen Furchungszellen sechszehn, von denen acht in der Mitte, acht ringsherum liegen (C). Weiterhin wechseln neue Ringfurchen und strahlige, gegen den Mittelpunkt gerichtete Furchen mehr oder minder unregelmäßig miteinander ab (D, E). Das Endresultat des Furchungsprozesses ist auch hier die Bildung einer großen Menge kleiner Zellen von gleicher Beschaffenheit. Sie setzen eine kreisrunde, linsenförmige Scheibe zusammen, welche in einer kleinen Vertiefung des weißen Dotters



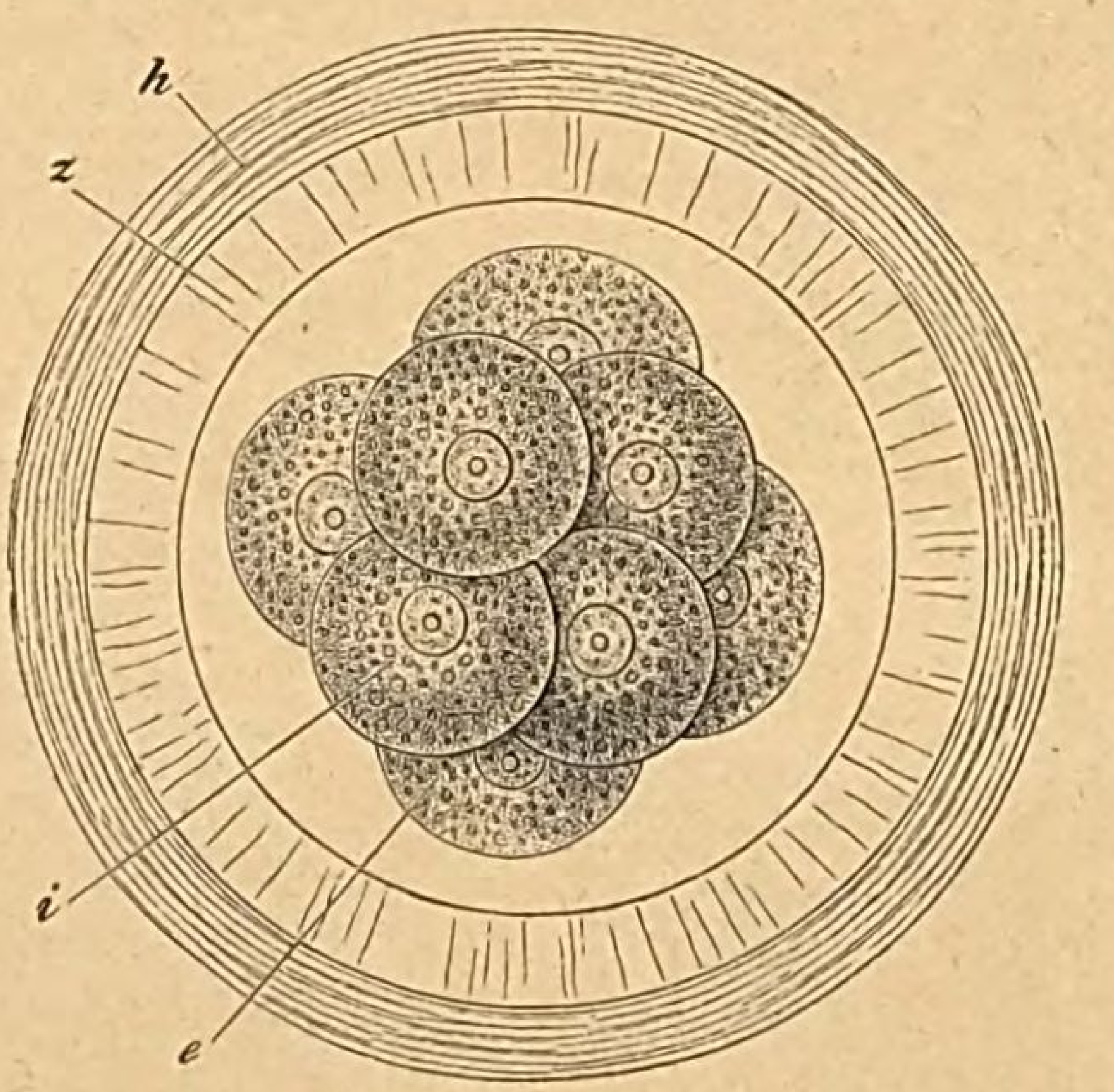
Stammzelle des Säugetieres
(vom Kaninchen).



Beginnende Furchung des Säugetier-Eies.



Die vier ersten Furchungszellen des Säugetier-Eies.



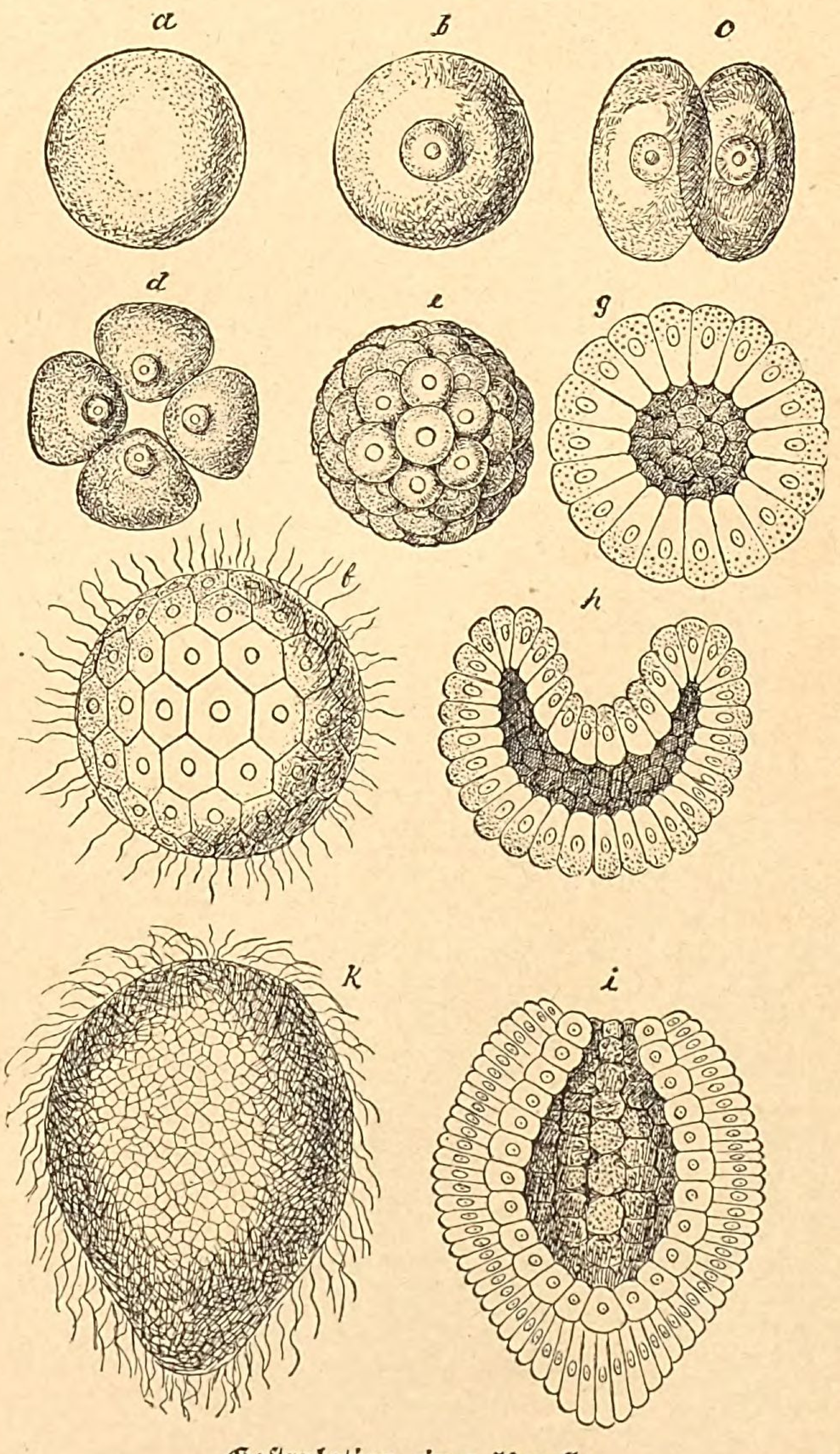
Säugetier-Ei mit acht Furchungszellen.

eingebettet ist. Es bildet sich nun durch Ansammlung von Flüssigkeit eine kleine Höhle, und so entsteht die eigentümliche und schwer zu erkennende Keimblase der Vögel.

Beim Säugetierei vollzieht sich die Furchung in ähnlicher Weise. Von den obenstehenden Abbildungen stellt Fig. I die bereits befruchtete Zelle (Stammzelle) eines Kaninchens dar. K ist der neugebildete Stammkern, n das Kernkörperchen (Nucleolus), p das Protoplasma der Stammzelle, z die äußere Eihaut (Zona pellucida*), h die äußere Eiweißhülle.

*) Diese ursprünglich glasartig durchsichtige, von Porenkanälchen durchdrungene Eihaut hat bereits ihre Struktur verloren und wird von einer Eiweißschicht umhüllt.

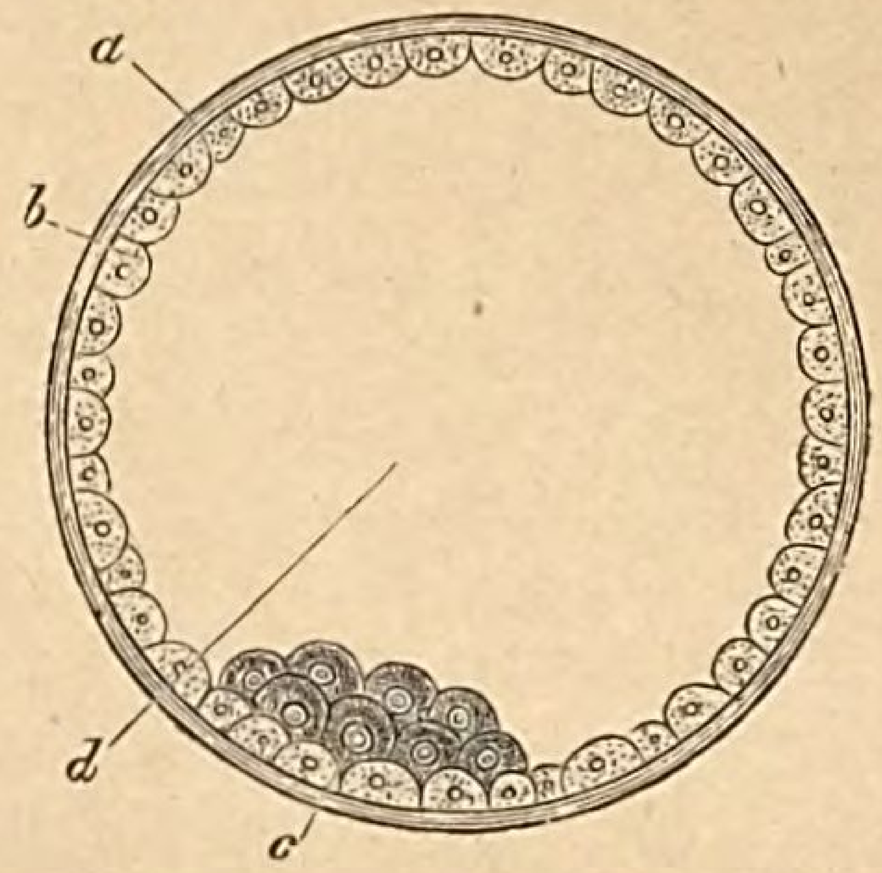
In beiden Hüllen sind abgestorbene Spermazellen zurückgeblieben. Bei der Zweiteilung der befruchteten Eizellen tritt hier die Erscheinung auf, daß der eine der beiden Teile etwas größer, heller und durchsichtiger als der andere ist; in unserer Abbildung fällt der Unterschied zwar nur in sehr geringem Maße ins Auge, doch tritt er in vielen Fällen weit stärker hervor. Dieser Teil ist die Mutterzelle des späteren äußeren Keimblattes, des Ektoderms oder Hautsinnesblattes, aus dem sich im Verlaufe der weiteren Entwickelung die äußeren Organe bilden; die dunklere und weichere der beiden Furchungszellen aber ist die Mutterzelle des Entoderms (inneren Keimblattes) oder Darmdrüsenblattes, aus dem sich später die inneren Organe des neuen Individuums entwickeln. In unserer Abbildung (Fig. II) ist e die Mutterzelle des äußeren, i die Mutterzelle des inneren Keimblattes; die übrigen Buchstaben bezeichnen dieselben Teile wie in Fig. I. In Fig. III sehen wir die vier ersten Furchungszellen des Kaninchen-Eies zur Entwickelung gelangt. i sind die beiden kleineren und dunkleren Entodermzellen, e die beiden größeren und helleren Ektodermzellen. Fig. IV zeigt endlich das Kaninchenei nach der Entwickelung der acht Furchungszellen; die Bedeutung der Buchstaben ist dieselbe wie in der vorhergehenden Figur. Nachdem die Eizelle diese Wandlungen durchlaufen hat, tritt eine andere Gruppierung und Gestaltung der Zellen ein, von denen ein Teil zu einer Art Pyramide sich gruppiert, während der andere sich haubenförmig über die Spitze dieser Pyramide legt. Häckel erkennt in dieser Gruppierung eine abgekürzte Wiederholung der Einstülpung der Keimhaut, die zu einer von ihm als



Gastrulation einer Koralle.

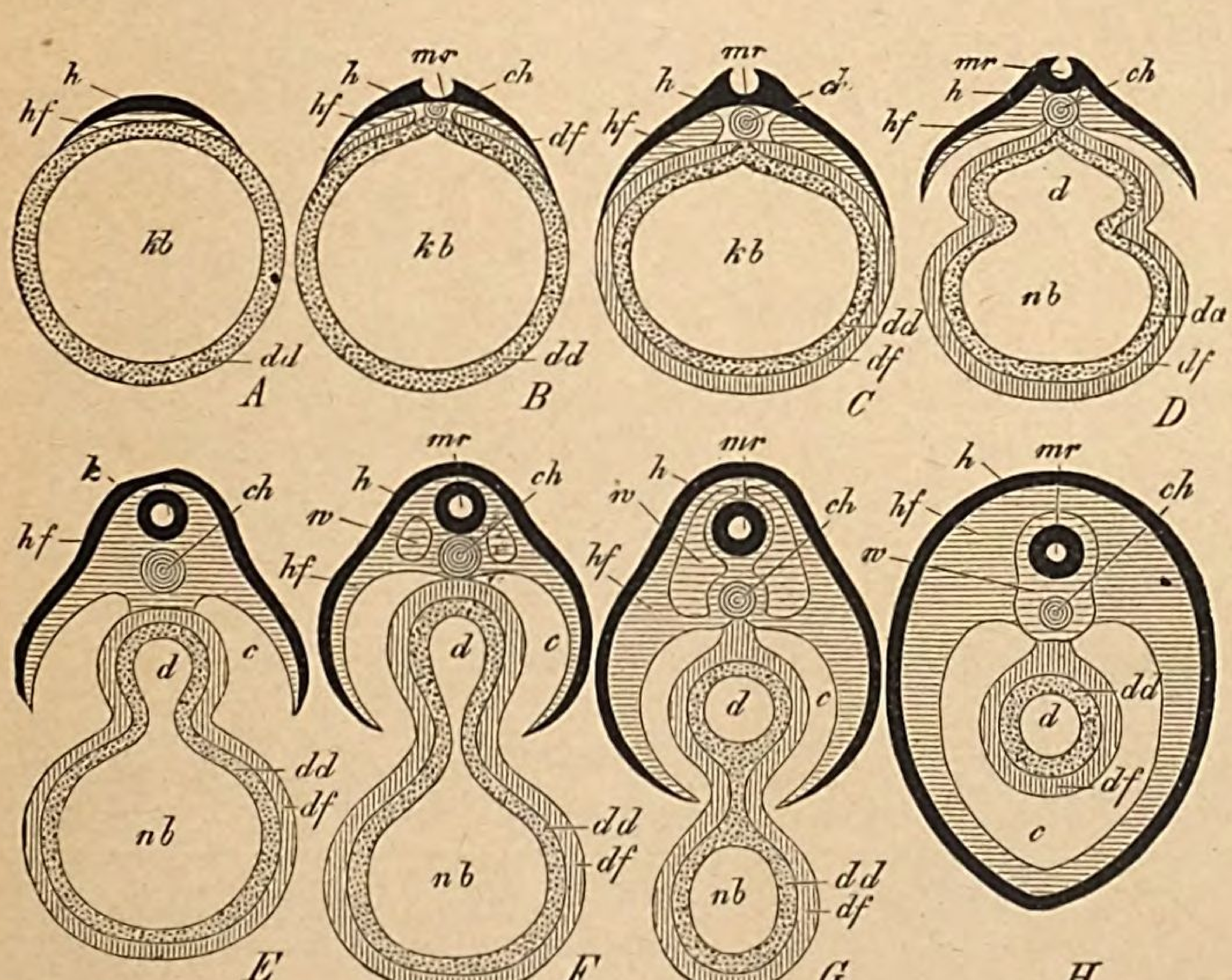
besonders bedeutungsvollen Bildungsform, der sogenannten Gastrula, überführt. Es ist dies diejenige Entwickelungsform des tierischen Eies, in der die den Keim bildenden Zellen eine doppelwandige Schale darstellen, deren Entstehung man sich am besten so vorstellt, daß sich die eine Hälfte einer Hohlkugel (etwa eines nicht mehr luftdichten Gummiballes) in die andere Hälfte hineinstülpt, so daß ein doppelwandiger Napf entsteht. Im Verlaufe der weiteren Entwickelung schwindet der Hohlraum, indem die beiden Zellscheiben sich

aneinander legen, so daß der Keim nun die Gestalt eines becherförmigen Körpers besitzt, dessen innere Höhlung, der Urdarm oder Progaster, sich an der ursprünglichen Einstülpungsstelle nach außen öffnet. Die Entodermzellen liegen nun innen und bilden die Wandung der Ernährungshöhle des Körpers, die Ektodermzellen dagegen bilden die äußere Umkleidung des Bechers oder der Gastrula, aus der Oberhaut und Sinnesorgane entstehen. Da Tiere der verschiedensten Stämme in ihrer Entwickelung diese Keimform anzunehmen scheinen, so ist dieselbe von hoher Bedeutung für die Entwickelungsgeschichte, und Häckel zieht aus ihrem Auftreten in der Keimesgeschichte den Schluß, daß in sehr alter Vorzeit auch eine Tierform bestanden haben müsse, die der Gastrula entspricht, und die er Gastraea nennt. Die „Gastrulation“, d. h. der Entwickelungsgang, den das Tierei zurückzulegen hat, um die Gastrulaform zu erreichen, ist in der Abbildung auf S. 474 veranschaulicht. Dieselbe zeigt uns die Gastrulation einer Koralle; a und b stellen die Stammzelle dar, und zwar ist in a — unmittelbar nach erfolgter Befruchtung — der Kern nicht sichtbar, während er etwas später (wie in b) sehr deutlich hervortritt. In c sehen wir die Teilung der Eizelle in die zwei ersten Furchungszellen, in d die Vierteilung, in e den maulbeerförmigen Keim (Morula). In f hat sich aus der Morulaform der Blasenkeim (die Blastula) entwickelt, den wir in g im Durchschnitte sehen. h zeigt ebenfalls im Durchschnitte die Einstülpung, i die vollentwickelte Gastrula- oder Becherkeimform, die in k in der äußeren Ansicht dargestellt ist.



Keimdarmblase eines Kaninchens
im Durchschnitt.

Viele niedere Tiere haben, wenn sie im Verlauf ihrer Entwickelung das Stadium der Blastulaform erreicht haben, bereits selbständige Bewegung und es giebt noch heute solche, die auf dieser Entwickelungsstufe zeitlebens stehen bleiben (Kugel- und Flimmertierchen). Die Gastrulaform bleibt höchste Entwickelungsform für die meisten Pflanzentiere und viele Wurmtiere. Die äußere Zellenschicht der Gastrula bildet die Oberhaut und entspricht dem Ektoderm oder Hautblatt, die innere, die die Darmhaut bildet, dem Entoderm oder Darmblatt des Keimes. Zwischen diesen beiden Keimblättern bildet sich später bei allen vielzelligen Tieren das mittlere Keimblatt (Mesoderm) und die mit Blut oder Lymphe erfüllte Leibeshöhle (Coelom).

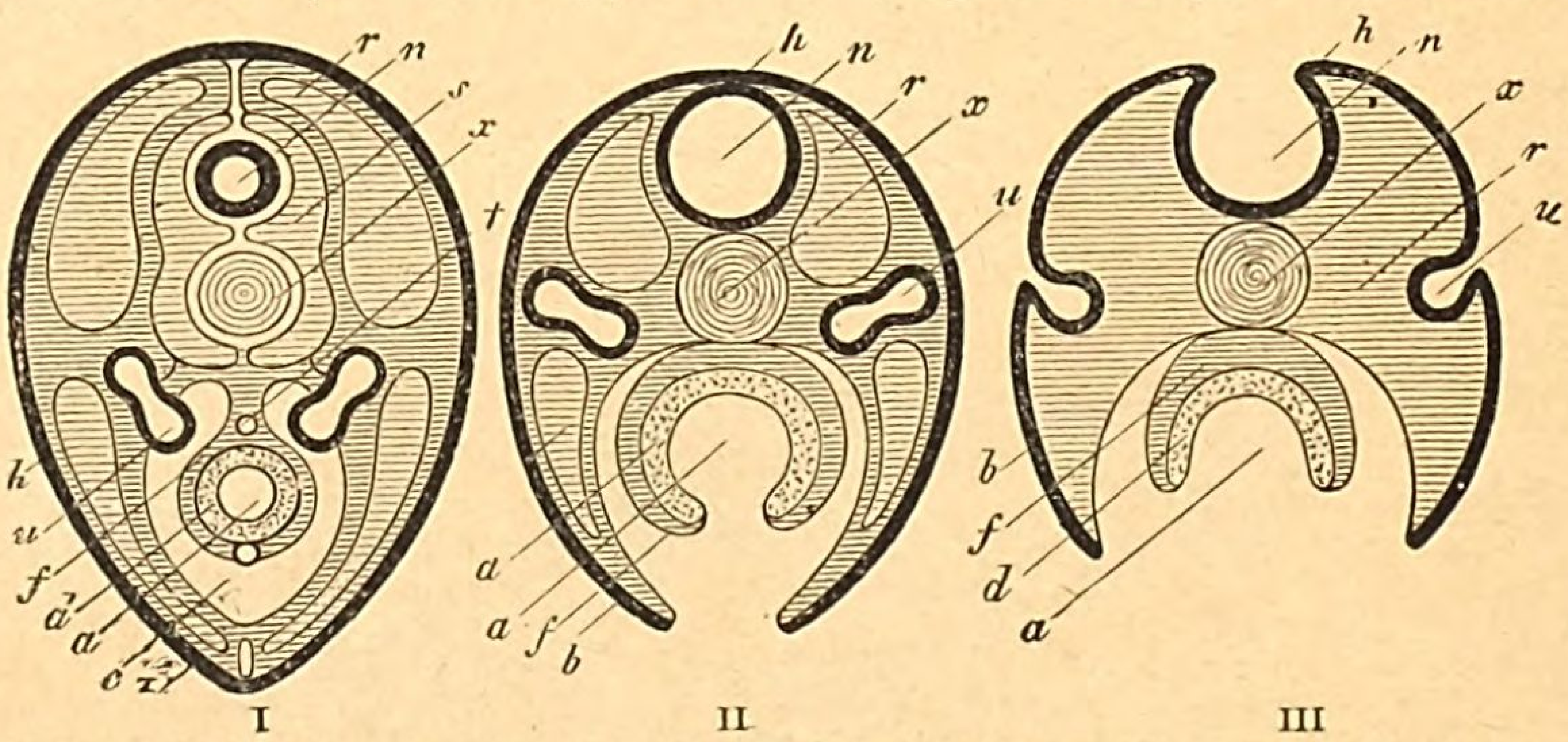


Abschnürung des scheibenförmigen Säugetierkeimes vom Dottersack.
(Schematische Darstellung nach Häckel.)

Bei den Säugetieren schreitet nach Häckel die Entwickelung des befruchteten Eies noch innerhalb des Eileiters bis zur Gastrulaform vor und diese wandelt sich schon hier oder erst im

Fruchtbehälter*) in eine kugelige Blase um, indem die oberflächlichen Furchungszellen mit der Innenfläche der äußeren Eihaut verschmelzen. Diese Blase, von Häckel „Keimdarmblase“, von anderen einfach Keimblase genannt, ist von heller Dotterflüssigkeit erfüllt, und es bildet sich an ihr an einer bestimmten Stelle eine kreisförmige Verdickung, der Fruchthof oder die Keimdarmscheibe, von welcher zunächst die Entwickelung des Keimes oder Embryos ausgeht.

Unsere Abbildung auf S. 475 oben zeigt die Keimdarmblase eines Kaninchens im Durchschnitte. Die äußere Eihülle ist mit a, das Hautblatt oder Exoderm, das die ganze Wandung der Keimdotterblase bildet, mit b, der Hohlraum der Keimdarmblase, die „Dottersackhöhle“, mit d bezeichnet. Der Zellenhaufen c ist aus den dunkleren und weicheren Zellen des Entoderms oder Darmblattes gebildet. Hier ist also die Wand der Keimdarmblase doppelschichtig, und es entwickelt sich vom Rande der Keimdarmscheibe aus ein neues Exoderm, während der größere Teil des ursprünglichen, der nur als vorübergehende Umhüllungshaut diente, zur Bildung einer vorübergehenden „Nabelblase“ verbraucht wird. Während nun die ursprünglich bloß aus den beiden primären Keimblättern Exoderm und Entoderm bestehende Keimdarmscheibe sich durch die Bildung eines dritten (mittleren) Keimblattes**), das aber schon von Anfang an aus zwei dicht aufeinandergepreßten Blättern besteht, weiter ausbaut, schnürt sich der Embryo von der Nabelblase ab und bleibt zuletzt nur durch den Stiel des Dottersackes (den Dottergang) mit jener verbunden. Diesen Vorgang veranschaulicht unsere Abbildung auf S. 475. Wir sehen in A) die Keimscheibe (h, hf), die flach an einer Seite der Keimdarmblase (kb) liegt. B) In der Mitte der Keimscheibe tritt die Markfurche (mr) und darunter die Chorda (ch) auf. C) Das Darmfaserblatt (df) hat das Darmdrüsenblatt (dd) rings umwachsen. D) Hautfaserblatt (hf) und Darmfaserblatt (df) trennen sich in der Peripherie; der Darm (d) beginnt sich von dem Dottersack oder der Nabelblase (nb) abzuschnüren. E) Das Markrohr (mr) ist geschlossen; die Leibeshöhle (c) beginnt sich zu bilden. F) Die Urwirbel (w) sondern sich; der Darm (d) ist fast ganz geschlossen. G) Die Urwirbel (w) beginnen Markrohr (mr) und Chorda (ch) zu umwachsen; der Darm (d) ist von der Nabelblase (nb) abgeschnürt. H) Die Wirbel (w) haben Markrohr (mr) und Chorda umwachsen; die Leibeshöhle (c) ist geschlossen, die Nabelblase verschwunden.



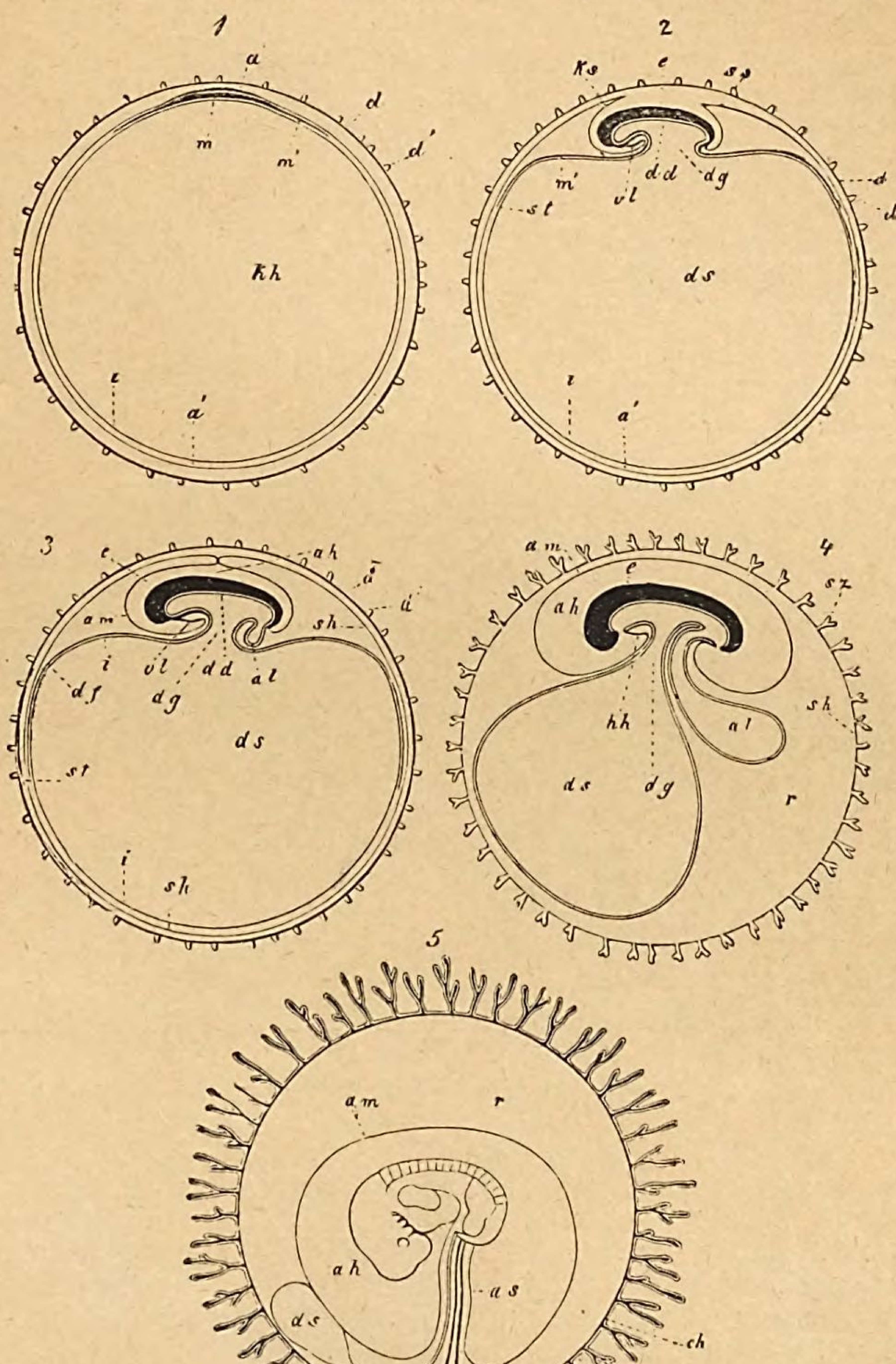
Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere.

Die Buchstaben bedeuten: h Hornplatte (Oberhaut), mr Markrohr, hf Hautfaserblatt, w Urwirbel, ch Chorda, c Leibeshöhle oder Coelom, df Darmfaserblatt, dd Darmdrüsenblatt, d Darmhöhle, nb Nabelblase. Gleichzeitig mit der Bildung der Keimblätter entsteht die erste Anlage eines Organes, die sich zunächst in einem einfachen Längsstreifen, dem sogenannten Primitivstreifen kundgiebt und zu der röhrenförmigen Anlage des Centralnervensystems, dem Medullar-Rohr, sich ausgestaltet, dessen vorderer, blasenartig erweiterter Teil die Uranlage des Gehirnes darstellt, während sich aus dem hinteren schmäleren Ende

*) Das Ei hat ursprünglich seinen Sitz am Eierstock und wird von hier durch den Eileiter nach dem Fruchtbehälter (Uterus) befördert.

**) Das mittlere Keimblatt oder Mesoderm dient zur Bildung der Muskeln, des Skelettes, der Nerven und Gefäße.

später das Rückenmark bildet. Die ursprünglich hautartigen Keimblätter nehmen Sohlenform an und verwandeln sich durch Umbiegen ihrer Seitenwände und allmähliches Entgegenwachsen ihrer Ränder in röhrenförmige Organe. Unsere Abbildung auf S. 476 zeigt in schematischer Darstellung die Entstehung dieser Organanlagen aus den gekrümmten Keimblättern. In Fig I sehen wir bereits die geschlossenen Organbildungen; in Fig. II sind Darmrohr und Bauchwand noch offen, das Markrohr und die Rückenwand dagegen bereits geschlossen; in Fig. III endlich ist sowohl das Mark- als auch das Darmrohr noch als offene Rinne zu sehen. Hier zeigen sich die Urnierengänge u noch als Seitenrinnen, die in die Oberhaut (das Hautsinnesblatt) h eingebogen sind. Der „Achsenstab" x, den wir in der Mitte der Figur im Querschnitt erblicken, stellt die Anlage der künftigen Wirbelsäule dar, r ist die Rückenwand, b die Bauchwand, f das Darmfaserblatt, das an seiner dem Darmrohr a zugekehrten Seite mit dem Darmdrüsenblatt d bekleidet ist. Bei n sehen wir die Rinne, die sich später zum Mark- oder Medullarrohr schließt. In Fig. II sehen wir dieses bereits geschlossen, das Darmrohr und die Bauchwand der Schließung nahe gerückt; die Urnierengänge haben sich von der Oberhaut abgeschnürt. In Fig. I sind dieselben nach innen gerückt und treten in die Leibeshöhle (das Coelom) c ein. Bei t hat sich die Urarterie (Aorta) gebildet, unterhalb des Darmrohres ist die Anlage der Urvene angedeutet. Bei s sehen wir die Anlage der Wirbel.

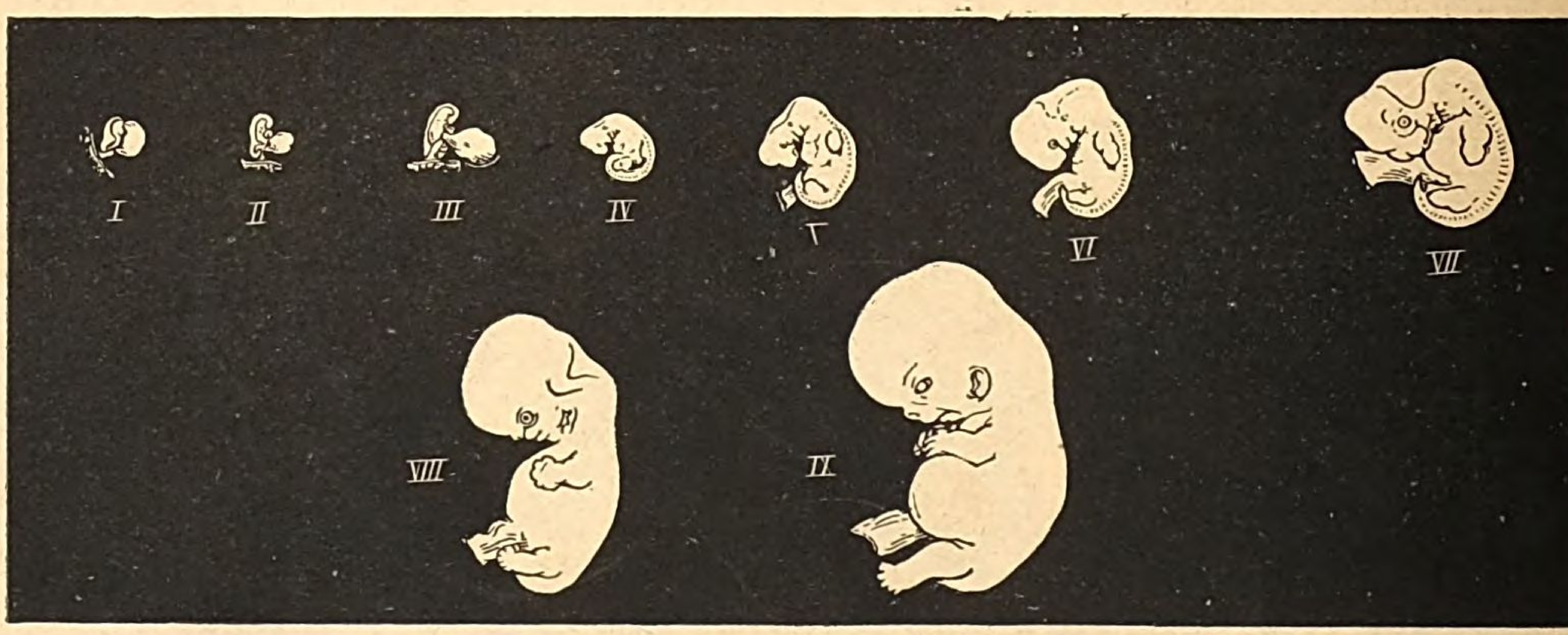


Schematische Längsschnitte durch den reifenden Säugetierkeim.

In allen 5 Figuren bedeutet: a Aeußeres Keimblatt, ah Amnion-Höhle, al Allantois, am Amnion, as Amnion-Scheide des Nabelstranges, ch Zottenhaut oder Chorion, chz Zotten desselben, d Dotterhaut (Serolemma oder Prochorion), d' Zöttchen desselben, dd Darmdrüsen, df Darmfaserblatt, dg Dottergang, ds Dottersack (Nabelblase), e Embryo, i Inneres Keimblatt, kh Keimdarmblase, ks Kopfscheide, m Mittleres Keimblatt, r Paricoelom oder Serocoelom (der mit Flüssigkeit gefüllte Raum zwischen Amnion und Chorion), sh Seröse Hülle (Serolemma), ss Schwanzscheide, st Terminal-Vene, sz Zotten derselben, vl = hh Herzgegend.

Einen Begriff vom Entwickelungsgange des Säugetierkeimes giebt die obenstehende Abbildung des reifenden Säugetierkeimes und seiner Eihüllen in schematischen Längsschnitten nach Kölliker. Fig. 1 zeigt die von der äußeren mit Zotten besetzten äußeren Eihaut eingeschlossene Keimblase, deren Wand aus den beiden primären Keimblättern besteht, zwischen

dem äußeren (a) und inneren (i) Keimblatte hat sich im Bezirke des Fruchthofes das mittlere Keimblatt (m) entwickelt. In Fig. 2 beginnt die Abschnürung des Embryo (e) von der Keimblase (ds) und es erhebt sich rings um ihn wallförmig die Falte des Amnion*), vorne bei ks als Kopfscheide, hinten bei ss als Schwanzscheide. In Fig. 3 schließen sich die Ränder der Amnionfalte über dem Rücken des Embryo und bilden die Amnionhöhle ab. Die Abschnürung des Embryo hat sich verstärkt und es entsteht der Darmkanal dd, aus dessen hinterem Ende die Allantois**) (al) hervorwächst. In der nächsten Fig. 4 ist die Allantois schon bedeutend vergrößert, der Dottersack ist dagegen kleiner geworden. In Fig. 5 sind bereits die Kiemenspalten***) und die Anlagen der beiden Gliedmaßenpaare zu erkennen; die äußere Eihaut hat verästelte Zotten gebildet, in die in der Umgebung des Nabelstranges aus der Allantois Blutgefäße hineinwachsen, wodurch sich, wie schon erwähnt, die Placenta bildet. Zwischen der Frucht und dem Mutterkuchen bildet nun der Nabelstrang, in welchem außer den großen Blutgefäßen noch der Dottergang mit dem immer mehr verkümmernden Nabelbläschen eingeschlossen sind, die einzige Verbindung; bis zum zweiten Monat bleibt

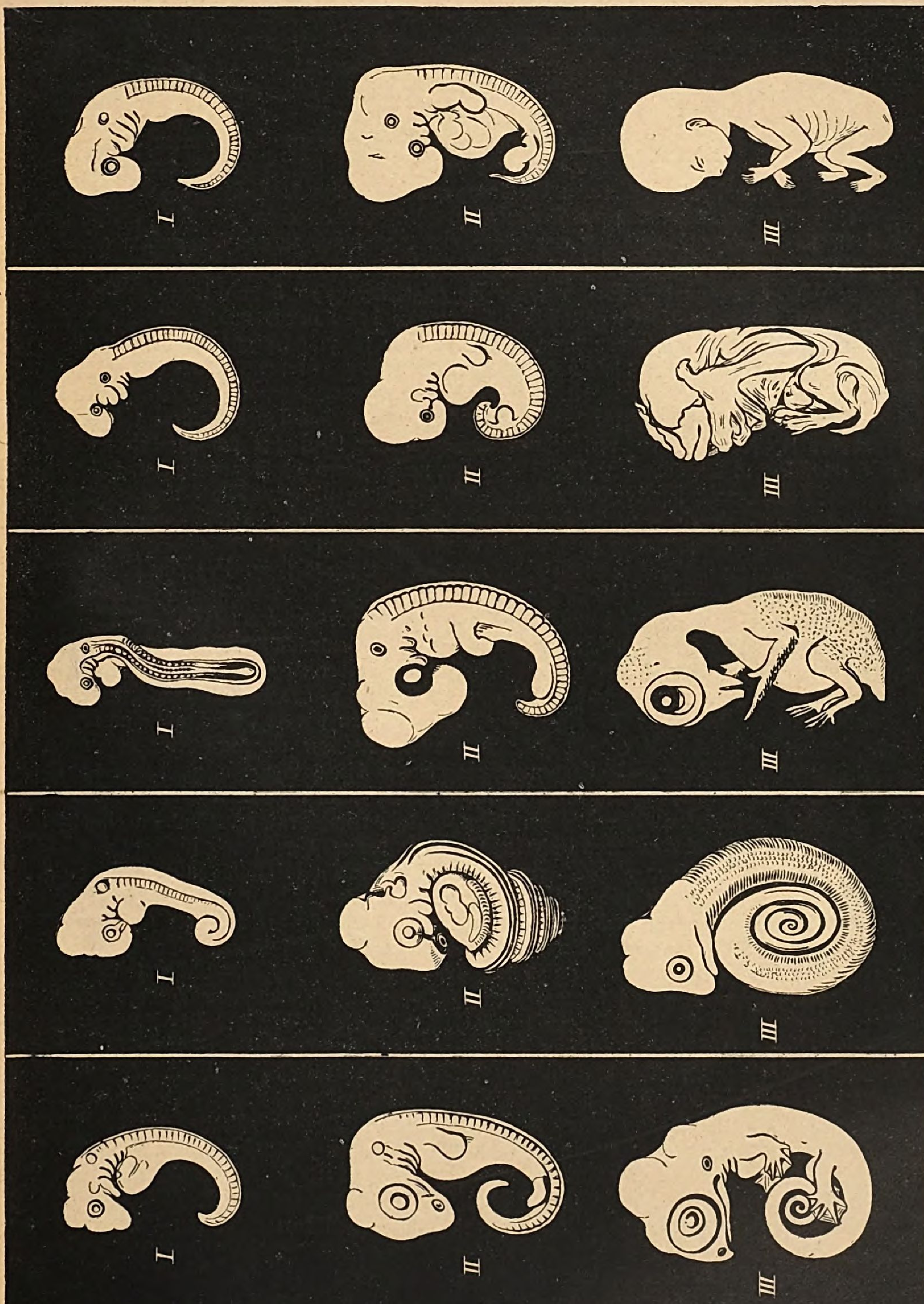


Menschliche Embryonen in verschiedenen Entwickelungsstadien.

*) Amnion, griech., s. v. w. Schafhaut, ist die besondere Hüllenhaut, die der Embryo der Reptilien, Vögel und Säugetiere während seiner Entwickelung im Ei um sich bildet und die aus den faltenartig sich emporhebenden Rändern der Frucht besonders am Kopf- und Schwanzende derselben sich entwickelt, um schließlich über dem Rücken derselben zusammenzuwachsen, um einen mit Fruchtwasser gefüllten Sack zu bilden. Die oben genannten Tierklassen, deren Embryonen ein Amnion bilden, werden Amnioten genannt.

**) Allantois oder Harnhaut nennt man die eigentümliche Hülle der Embryonen der Reptilien, Vögel und Säugetiere, die aus dem hinteren Ende des Darmkanales entspringt und sich an der Oberfläche des Eies ausbreitet, so daß sie dieses umhüllt. Der außerhalb der Bauchdecken gelegene Stiel vereinigt sich mit demjenigen der Nabelblase zum Nabelstrang. Die Blutgefäße, die die Atmung der Embryonen der höheren Wirbeltiere zu vermitteln haben, werden an der Allantois an die Oberfläche des Eies geleitet und diese Blutgefäße vermitteln bei den Säugetieren die Bildung der Placenta, so daß sie nicht nur der Atmung, sondern auch der Ernährungsfunktion dienen. Der innerhalb der Bauchdecken gelegene Teil der Allantois bildet den Harnapparat, der Rest wird nach Beendigung des embryonalen Lebens hinfällig. Nach der Allantois werden die höheren Wirbeltiere, deren Embryonen eine solche bilden, auch Allantoidea genannt.

***) Kiemenbogen nennt man diejenigen Gewebspartien, aus denen sich beim Embryo der Reptilien, Vögel und Säugetiere der Ober- und Unterkiefer, sowie der Hals bilden. Zwischen diesen Kiemenbogen liegen Furchen, die an die Kiemenspalten der niederen Tiere erinnern und als Abzeichen der niedrigen Herkunft des Menschen gelten. Der oberste Kiemenbogen stellt die Uranlage des Mundes vor; die drei unteren sind in der Mitte getrennt, weil sich zwischen ihnen das Herz vordrängt, und erst mit dem allmählichen Herabtreten desselben in die Brusthöhle können sich diese Kiemenbogen vereinigen und sich allmählich zurückbilden. Auch die Kiemenspalten bilden sich sämtlich zurück, bis auf einen Rest der ersten, die zur Anlage von Teilen der Gehörkanäle dient.



Eidechse. Schlange. Huhn. Fledermaus. Mensch.

Embryonen verschiedener Wirbeltiere.

auch noch der Allantois ganz erhalten. Der Blutkreislauf zwischen Mutter und Embryo wird nun durch zwei Nabelschlagadern und eine Nabelblutader vermittelt. Die ersteren führen das Blut des Embryo durch den Nabelstrang zur Placenta, wo sie sich in den zahlreichen Haargefäßen der Zotten auflösen. Hier nimmt das Blut neue Nährstoffe auf und kehrt durch die Nabelblutader zum Embryo zurück.

Den Verlauf der Entwickelung des menschlichen Embryo von der zweiten Woche bis zu dem Zeitpunkte, in welchem das Geschlecht desselben deutlich hervortritt, veranschaulicht unsere Abbildung auf S. 478, deren Erklärung wir hier folgen lassen.

1. Embryo im Alter von 14 Tagen (Fig. I). Der an einer verdickten Stelle der Keimblase sich bildende Embryo hat eine Länge von 2 mm und ist von demjenigen anderer Säugetiere (wie Hund und Kaninchen) noch nicht zu unterscheiden.

2. Im Alter von drei Wochen (Fig. II) zeigt der gegen 5 mm lange Embryo in der Seitenansicht bereits die charakteristische Krümmung des Rückens und Anschwellung des Kopfendes. Die erste Anlage von Auge, Ohr und Nase ist zu erkennen, der Embryo hängt nur noch an der Stelle des Nabels durch den Dottergang mit der Keimblase zusammen, die sich in den Dottersack umwandelt.

3. Nach Ablauf der vierten Woche zeigt der etwa 6 mm lange Embryo (Fig. III) deutlich den Kopf mit seinen verschiedenen Teilen. Der Kopf hat sich zu beträchtlicher Größe entwickelt und ist mit dem Gesichtsteil der noch offenen Brust zugewendet, während das spitze Schwanzende sich demselben in starker Krümmung nähert. Die Gliedmaßen sind schon deutlich in vier einfachen Knospen abgesetzt. Die Keimblase hat sich vom Embryo bereits so stark abgeschnürt, daß sie als Dottersack heraushängt.

4. In der fünften Woche erreicht der menschliche Embryo (Fig. IV) eine Länge von etwa 9 mm; das Schwanzende desselben ist doppelt so lang, als die hinteren Gliedmaßen.

5. Im zweiten Monat seiner Entwickelung erreicht der Embryo (Fig. V—VII) eine Länge von 2 bis 3 cm bei nahezu 3 g Gewicht. Es entwickelt sich das Skelett aus Knorpel mit gallertartigen, bleichen Muskeln und Nerven; der Kopf nimmt fast die Hälfte des ganzen Embryo ein, der Mund bildet eine weite Spalte, aus deren Grund die Zunge ein wenig hervorragt. Die Kiemenspalten schließen sich; an den Gliedmaßen beginnen sich Finger und Zehen als seichte Einschnitte zu markieren. Die einzelnen Abteilungen der Wirbelsäule werden sichtbar, die Lungen bestehen aus 5 bis 6 Läppchen, in denen bereits Luftwege und Bläschen zu entdecken sind, der Kehlkopf wird als kleine Anschwellung an dem zarten Faden der Luftröhre sichtbar. Der Verknöcherungsprozeß beginnt an einzelnen Punkten der Schlüsselbeine und des Unterkiefers. Die vordere Bauchwand schließt sich ganz.

6. Der zwölf Wochen alte Embryo (Fig. VIII) erreicht bei 6 bis 8 cm Länge ein Gewicht von 15 bis 20 g und erfährt die bedeutsamsten Veränderungen. Der Dotter im Dottersack ist aufgezehrt und die Ernährung vollzieht sich mittels der Gefäße des Nabelstranges und Mutterkuchens, der auch den nötigen Sauerstoff liefert. Das Wachstum des Embryo nimmt jetzt weit rascher und durchgreifender zu als bisher. Neben den Hauptorganen, deren Entwickelung sich immer mehr vervollkommnet, entstehen nun auch Nebenorgane, so die Speicheldrüsen, Milz u. A.; auch die Geschlechtsorgane beginnen sich jetzt zu entwickeln. (Von dem Zeitpunkt an, da das Geschlecht der Frucht zu erkennen ist, wird diese Foetus genannt.) An den oberen Gliedmaßen sind die Finger deutlich abgegrenzt, die Zehen aber noch miteinander verwachsen.

7. Ein fünfzehn Wochen alter Foetus (Fig. IX). Das Gesicht, das bis dahin im Verhältnis zum Kopfe noch sehr klein geblieben ist, verlängert sich und gewinnt menschlichen Ausdruck. Zwischen Mund und Nasenhöhle bildet sich der harte Gaumen als Scheidewand, und in den Kiefern erscheinen die Zahnsäckchen. Die Bildung der vier Herzkammern geht ihrer Vollendung entgegen und alle Organe nähern sich ihren bleibenden Formen und Verhältnissen.

Die Entwickelung der Embryonen anderer Wirbeltiere hat in ihren Anfangsstadien die größte Aehnlichkeit mit derjenigen der menschlichen Frucht, und erst allmählich treten

die abweichenden Merkmale hervor. Unsere Tafel auf S. 479 veranschaulicht dies in augenscheinlicher Weise.

Dieselbe stellt die Embryonen von zwei Ordnungen der Reptilienklasse (Eidechse und Schlange) und von je einem der Ordnungen der Hühnervögel (Huhn), der Handflügler (Fledermaus) und der Zweihänder (Mensch) dar. Die mit I bezeichneten Abbildungen in der obersten Querreihe stellen ein sehr frühes Entwickelungsstadium mit Kiemenspalten und ohne Gliedmaßen dar; in der mittleren Querreihe ist ein etwas späteres Entwickelungsstadium derselben Embryonen veranschaulicht, welches bereits die erste Anlage der Gliedmaßen erkennen läßt, während die Kiemenspalten noch vorhanden sind. Die unterste Querreihe endlich zeigt ein noch späteres Stadium der Entwickelung derselben Embryonen, in welchem an demjenigen der Eidechse die Beine, an dem des Huhnes Beine und Flügel, am Fledermausembryo die Flughaut und die zur Ausspannung derselben bestimmten sehr verlängerten Finger und am menschlichen Embryo die verschiedene Entwickelung der oberen und unteren Gliedmaßen bereits deutlich erkennbar ist, während der Schlangenembryo die einseitige Entwickelung des Körperbaues seiner Art in einer der reifen Form sich nähernden Weise zeigt. Sämtliche Embryonen haben in diesem Stadium die Kiemenspalten bereits verloren. Die Hüllen und Anhänge des Embryokörpers sind hier weggelassen. Am Schlangenembryo ist die Beschuppung, am Hühnerembryo die Befiederung des Körpers im III. Stadium bereits erkennbar. Die Entwickelung der Hauptsinnesorgane — Auge und Ohr — läßt sich in den drei Stadien gut erkennen.

Mit diesen Bildern aus der Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen, die, wie wir gesehen haben, in allen Fällen in der einfachen Zelle beginnt, wollen wir dieses Kapitel schließen, um nun einen Blick in die niedrigste Lebewelt unseres Erdballes zu werfen.

Drittes Kapitel.

Die niedrigsten Lebewesen.

In dem bekannten Volksmärchen von Rübezahl und dem Schmiedeberger Arzte fragt dieser den Berggeist: „Was war eher, die Eichel oder der Eichbaum?“ — Doch wohl der Baum“, antwortete der Beherrscher der Sudeten, „denn die Frucht kommt vom Baume“. „Narr“, giebt ihm da der vielgelahrte Herr Doktor zurück, „wo kam denn der erste Baum her, wenn er nicht dem Samen entsproß, der in der Eichelfrucht verschlossen liegt?!“ Welcher von den Beiden hatte nun Recht? Wenn der Eichbaum das Werk eines übernatürlichen Schöpfungsaktes ist, dann ist das Recht unstreitig auf des Berggeistes Seite, denn die Eichel ist als ein Teil des Eichbaumes mit diesem zugleich erschaffen. Ist aber die Eiche ein Produkt der Entwickelung, dann hatte der Doktor mit seiner Gegenbehauptung das Richtige schon eher, wenn auch nicht gerade aufs Haar getroffen. Die Eichel ist nach der natürlichen Ordnung der Dinge jedenfalls das ältere Glied in der Entwickelungsgeschichte irgend eines Eichbaumes, der aus ihr hervorgewachsen ist. Aber auch sie ist einem Eichbaum entsprossen, der denselben Entwickelungsgang durchgemacht hat. Jeder von den Eichbäumen, die ein Glied in dieser Entwickelungsreihe gebildet haben, war seinem Vorgänger und seinem Nachfolger sehr, aber nicht ganz ähnlich; es bestanden zwischen allen gewisse Unterschiede, die sich teilweise, aber niemals völlig gleichmäßig auf die Nachkommen übertragen haben. Folgen wir nun dieser Entwickelungsreihe durch viele Generationen aufwärts, so werden wir einen Baum finden, der nur noch wenige Merkmale mit dem jüngsten Sprosse der Entwickelungsreihe gemein hat; in absteigender Linie werden die Spielarten immer mannigfaltiger, in aufsteigender die Grundformen immer spärlicher an Zahl und unterscheidenden Merkmalen, und zuletzt werden sich sowohl am oberen, als auch am

unteren Ende der Reihe Glieder finden, welche zwar zu ihrer näheren genealogischen Umgebung in artverwandtschaftlichem Verhältnisse stehen, aber mit jener Pflanzenart, die wir Eichbaum nennen, so wenige Merkmale gemein haben, daß man sie nicht mehr unter diesen Speciesbegriff einreihen kann. Denken wir uns dieses Beispiel in großen und allgemeinen Zügen weiter ausgeführt, so wird uns die geschlossene Stammreihe der Eiche bis zu einem Punkte zurückführen, wo nicht nur keine Eichen, sondern überhaupt keine Bäume und nicht einmal Pflanzen zu finden sein werden. Und als Ausgangspunkt der ganzen Entwickelungsreihe wird sich ein einfachstes Lebewesen als Urahn aller Eichen finden, das dem Urahn aller Buchen, aller Pflanzen und aller Lebewesen überhaupt auf ein Haar ähnlich sehen wird.

Das Bild der Entwickelung eines solchen einfachsten Lebewesens hat Häckel in seiner „Monographie der Moneren" in der Darstellung der Entwickelungsgeschichte von Protomyxa aurantiaca gegeben. Er hat diesen einfachsten Organismus im Januar 1867 während seines Aufenthaltes auf der kanarischen Insel Lanzerote entdeckt, und zwar fand er ihn festsitzend oder umherkriechend auf den weißen Kalkschalen eines jener kleinen Cephalopoden, die dort massenhaft auf der Meeresoberfläche schwimmen und an den Strand geworfen werden. Protomyxa aurantiaca zeichnet sich vor den übrigen Moneren durch die schöne und lebhafte orangerote Farbe ihres ganz einfachen Körpers aus, der lediglich aus Plasson oder kernlosem Plasma besteht. Durch Ausstrahlen von baumartig verästelten Schleimfäden wird die Bewegung und Ernährung des Tieres vermittelt. Die Beute wird mittelst dieser Fäden, die sich dabei netzähnlich verstricken, ergriffen, umsponnen und in den Kern des Körpers hineingezogen, wo sie bis zu völliger Verdauung eingeschlossen bleibt; die unverdauten Reste werden mittelst desselben höchst einfachen Verfahrens wieder herausgeschafft. Hat nun das Tier einen gewissen Grad von Wachstum erreicht, so geht es an das Fortpflanzungsgeschäft. Es zieht seine Schleimfäden ein und ballt sich kugelig zusammen. In diesem Ruhezustand schwitzt die Kugel eine gallertartige strukturlose Hülle aus und zerfällt nach einiger Zeit in eine große Anzahl kleiner Plassonkügelchen. Diese Sporen fangen bald an, sich zu bewegen, nehmen Birnenform an, durchbrechen die gemeinsame Hülle und schwimmen nun mittelst eines haarfeinen, geißelförmigen Fortsatzes frei im Meer umher. Wenn sie nun einen dazu passenden Gegenstand antreffen, lassen sie sich auf diesen nieder, ziehen ihre Geißel ein und kriechen mittelst stets wechselnder Fortsätze langsam auf demselben umher. Sie ernähren sich durch einfaches Einhüllen der Beute, Aufnahme des Nährstoffes derselben und Wiederausstoßung der unverdauten Reste, entwickeln sich durch Wachstum zum reifen Tier, nehmen aber auch mitunter durch einfaches Verschmelzen mit anderen Einzelwesen ihrer Art an Masse zu und durchlaufen dann denselben Entwickelungsgang aufs neue, aus dem sie selbst hervorgegangen sind.

Die Urwelt hat uns eine wahre Unzahl solcher kleinster Lebewesen hinterlassen. Wenn man ein Stück gewöhnlicher Schreibkreide in die Hand nimmt und dasselbe noch so genau von allen Seiten betrachtet, so wird man doch nichts anderes wahrnehmen, als eine gleichmäßige, dichte Masse, deren Oberfläche bei der Berührung einen mehligen Staub abgiebt. Bringt man aber eine Spur dieses Staubes unter das Mikroskop, so verwandelt sich derselbe im Nu in ein Gemenge von allerlei wunderlich geformten Körperchen. Dieselben sind größtenteils so fein und zierlich gebildet, daß man bei ihrem Anblicke unwillkürlich an die berühmten Filigranarbeiten der Genuesen und Florentiner erinnert wird. Zwischen langgestreckten Spindeln von der Gestalt eines Haferkorns sind Bruchstücke von feingebildeten Stäben eingestreut, trauben- oder schuppenförmig aneinander geheftete Schildchen mit teils glatten, teils gezackten Randringen wechseln mit schneckenhausähnlichen Gebilden ab, und selbst der Staub des Staubes, die kleinsten Fragmente, weisen noch die zierlichsten Formen auf.

Betrachten wir statt der Kreide den Kalkstein vom Antilibanon, so finden wir in diesem wieder anders geformte Gebilde und ebenso verhält es sich, wenn wir den Mergel von der griechischen Insel Argina, den Trippelkalk von Richmond in Virginien, den Polierschiefer von

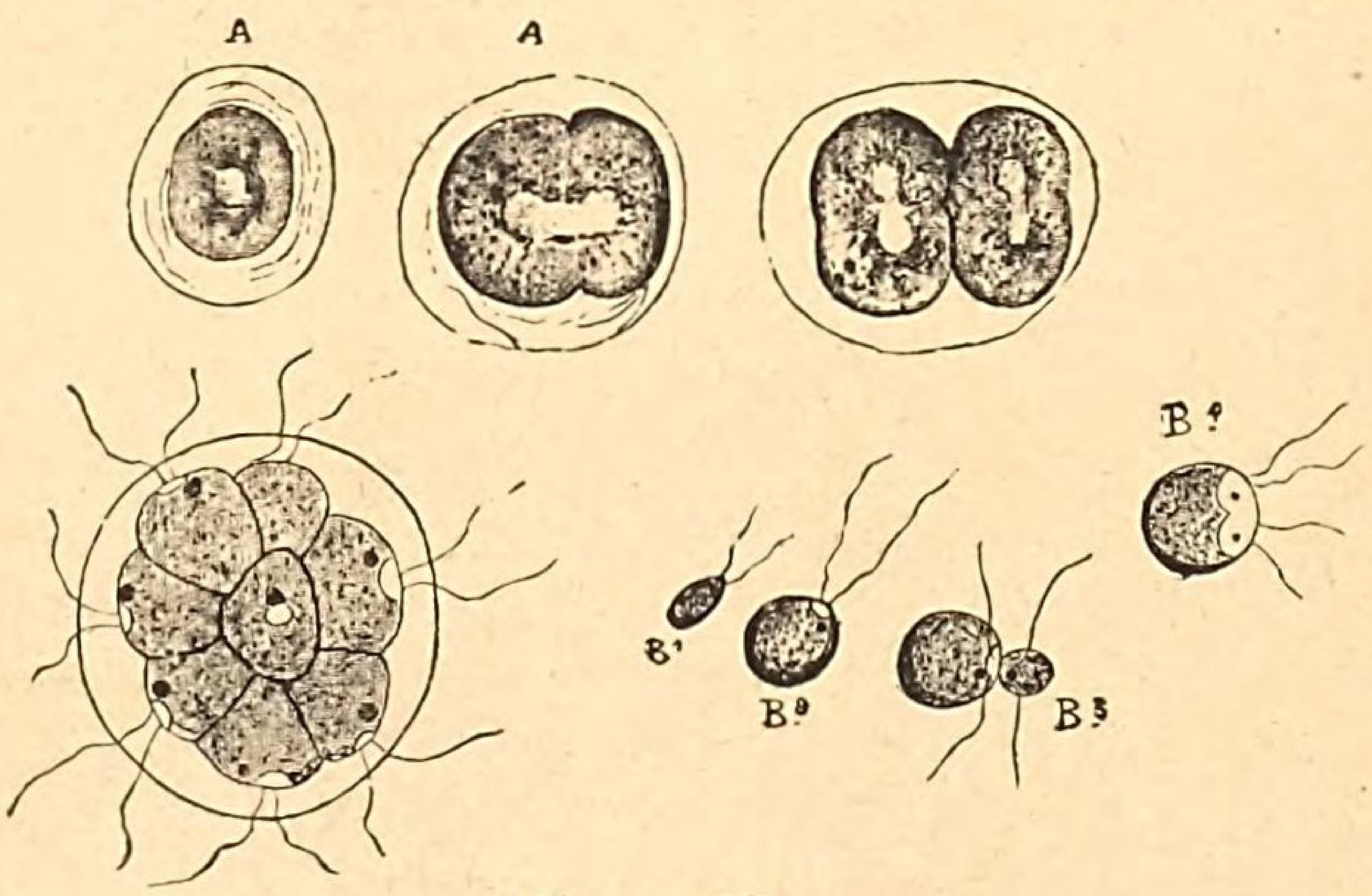
Bilin in Böhmen, den Kieselschlamm in Franzensbad oder das Gestein der Zukunft, den kalkigen Grundschlamm des Oceans, unter das Mikroskop bringen. Jedesmal zeigt sich uns ein im Ganzen den übrigen verwandtes, im Einzelnen aber von denselben wesentlich abweichendes Bild. Einige Formen oder Grundzüge von solchen wiederholen sich, andere fehlen oder treten neu auf; immer bildet das Ganze ein kaleidoskopartig durcheinander gemischtes Wirrsal von den verschiedensten, teilweise äußerst zierlichen, teils wieder recht abenteuerlichen Formen. Der Kieselschlamm von Franzensbad sieht etwa so aus, wie ein Gurkensalat mit den dazwischen gemengten Kernen, der Kieselschlamm von Straffort wie ein bunt durcheinander geworfener Haufen von den verschiedensten Haarkämmen; das Bergmehl von Ensdorf in der Lüneburger Heide macht den Eindruck eines Feuerleitermagazins, in welches der Sturmwind gefahren ist, und betrachten wir den Mergel von der westindischen Insel Barbados in dreihundertfacher Vergrößerung unter dem Mikroskop, so glauben wir eine Rumpelkammer aus altassyrischer Zeit voll Krummschwertern, Lanzenspitzen, Morgensternen, Sturmhauben und sonstigem Kriegsplunder in tausendfacher Verkleinerung vor uns zu sehen.

All diese Gebilde sind Ueberreste von Lebewesen, welche in ungeheurer Menge im Meer und im Süßwasser gelebt haben und deren zahlreiche — oder besser gesagt zahllose — Verwandte noch heute am Leben sind. So besteht z. B. das unter Berlin sich hinziehende Infusorienlager, welches stellenweise bis zu 30 m mächtig ist, nicht allein aus den Leichen längst abgestorbener, sondern in seiner obersten Schicht auch aus noch lebenden Wesen dieser Art. Ob diese Organismen dem Pflanzen- oder dem Tierreiche angehören, darüber sind die Gelehrten heute noch nicht recht einig; die moderne Naturwissenschaft hat den gordischen Knoten dieser Frage einfach durchhauen und für diese niedrigsten Lebewesen ein eigenes neues Reich, das **Protistenreich**, geschaffen.

Als wesentlichen Charakter dieses Protistenreiches stellt Häckel die allgemeine Selbstständigkeit der Plastiden oder der Individuen erster Ordnung (Zellen oder Citoden), sowie den damit verknüpften Mangel der Gewebe in den Vordergrund. „Der ganze entwickelte Organismus der Protisten bildet gewöhnlich nur eine einzellige Plastide, ein **Monobion** („Alleinlebewesen"), bald eine kernlose **Cytode**, bald eine kernhaltige **Zelle**; seltener entstehen durch wiederholte Teilung der Zelle und lockere Verbindung der Teilprodukte sogenannte **Zellhorden** oder **Coenobien** (auch Zellkolonien oder Plastidenstöcke genannt). Aber niemals entwickeln sich aus denselben die festen Zellverbände, welche wir Gewebe nennen, und welche den vielzelligen Organismus der echten Tiere und Pflanzen aufbauen."

Unsere Kenntnis von diesen kleinsten Lebewesen ist in überraschender Weise durch die bereits an anderer Stelle erwähnte „**Challenger-Expedition**" vermehrt worden, die während ihrer vierjährigen Tiefseeforschungen (1873—1876) wahre Schätze von Entdeckungen auf diesem Gebiete zu Tage gefördert hat. Die englische Regierung hat auf Staatskosten ein wunderbar ausgestattetes Werk über diese Expedition herausgegeben, das 50 Foliobände umfaßt und 3000 Bildertafeln enthält. Mehrere Hundert dieser Tafeln sind mit den Abbildungen der damals neu bekannt gewordenen Lebensformen aus dem Protistenreiche gefüllt. Die Tiefseelotungen des Challenger ergaben u. a., daß ausgedehnte Gebiete des tiefen Meeresbodens mit Radiolarienschlamm bedeckt sind, der aus einem feinen kreideähnlichen Pulver besteht, in welchem fast nichts anderes enthalten ist, als die zierlichen Kieselschalen dieser Protisten, von denen viele Tausende auf ein Gramm gehen. Häckel hat 1887 eine systematische Beschreibung dieser „**Challenger-Radiolarien**" gegeben, in der 4318 Arten dieser Tiere aufgeführt sind. Auch die **Diatomeen** und **Foraminiferen**, deren wir bereits Erwähnung gethan haben, sind durch die großartigen Entdeckungen der Challenger-Expedition der wissenschaftlichen Erkenntnis in höchstem Maße näher gerückt worden, und es steht heute außer allem Zweifel, daß die Begründung des Protistenreiches als eines Ausgangspunktes für die beiden anderen längst bekannten Reiche der organischen Natur nicht nur aus dem Gesichtspunkte entwickelungsgeschichtlicher Systematik, sondern auch wegen der Reichhaltigkeit und Mannigfaltigkeit der diesem Reiche angehörigen Lebe-

wesen ihre vollste Berechtigung hat. Wir wollen nun unseren Lesern eine Anzahl solcher niedrigster Lebewesen vorführen, und beginnen mit den Urpflanzen. Unsere untenstehende Abbildung zeigt einige Formen niederer ein- oder wenigzelliger Algen, von denen wir die Pandorina (B 1 — B 4) bereits im vorigen Kapitel kennen gelernt haben; die mit A bezeichneten Zellen gehören einer anderen Algenfamilie (derjenigen der Chroococcaceen) an, und zeigen den Vorgang bei der Vermehrung durch einfache Teilung in drei verschiedenen Stadien. Diese Algen, welche verhältnismäßig genau die ursprüngliche Anpassungsweise an das Leben im Wasser bewahrt haben, differenzieren sich, wie uns Saporta-Marions Werk „Die paläontologische Entwickelung des Pflanzenreichs" lehrt, in mehr als einer Richtung. Sie zeigen uns die Selbständigkeit oder die Individualität der einfachen Pflanzenzelle auf verschiedene Weise. Einige haben eine weiche oder inkrustierte Membran, chlorophyllhaltigen und häufig eigentümlich gefärbten protoplasmatischen Inhalt, der nicht selten den charakteristischen Kern zeigt und ein selbständiges Leben führt. Wir sehen die Zelle wachsen, sich teilen und bisweilen Zellhaufen erzeugen, die durch eine Art zäher Gallerte unvollkommen verbunden sind und als vorübergehende Vereinigungen den wirklichen Zellgeweben nur mangelhaft entsprechen. Bei anderen finden wir solche Gewebe bald als einfache Fäden, bald als Netze oder festere Blätter. Häufig aber erlangt die Pflanze, obwohl sie einzellig bleibt, einen verhältnismäßig hohen Grad der Differenzierung. Die Urzelle verlängert sich und verzweigt sich nach allen Richtungen. Diese Verlängerungen bilden Scheingewebe von außerordentlich kompliziertem Bau. So kann eine Pflanze von bedeutender Größe entstehen mit wohlbegrenzten Teilen, Verzweigungen, Achsen und regelmäßigen Gliedern. Ein ausgezeichnetes Beispiel solch einer Urpflanze ist die Caulerpa denticulata, eine Siphoneen-Art, die scheinbar ein vielverzweigtes Ganzes mit kriechendem Stengel, Wurzelfaserbüscheln und gezähnten Laubblättern darstellt, in Wirklichkeit aber nur eine einzige Zelle ist. Die meisten Formen dieser Gattungen bilden regelmäßige Einschnürungen, ohne es aber zu wirklichen Zellteilungen zu bringen; nur zur Zeit und zum Zwecke der Fortpflanzung treten solche an ganz bestimmten Punkten auf. Es ist das ein merkwürdiger Vorgang, welcher klar zeigt, wie die kompliziertesten und scheinbar ganz identischen Vegetationsorgane auf ganz verschiedene Weise entstehen können. Alle diese ein- oder wenigzelligen Siphoneen ahmen vollkommen die äußere Anordnung der Organe höherstehender Algen nach; untersuchen wir aber die Struktur dieser letzteren Typen, so bemerken wir sofort eine Zusammensetzung ganz besonderer Art. Die histologischen*) Verbindungen gehen zwar nicht über das einfache Zellgewebe hinaus, aber es treten doch schon Differenzierungen in diesem Gewebe auf. Alle Elemente sind nicht mehr gleichförmig, sondern eine mehr oder weniger dichte Rindenschicht umgiebt eine centrale Portion, deren locker verbundene oder wenig verzweigte Zellen zahlreiche Durchgänge lassen. In andern Fällen gruppieren sich besondere Fasern um die Reproduktionsorgane und es entstehen durch Zellenteilung Vegetationspunkte, womit



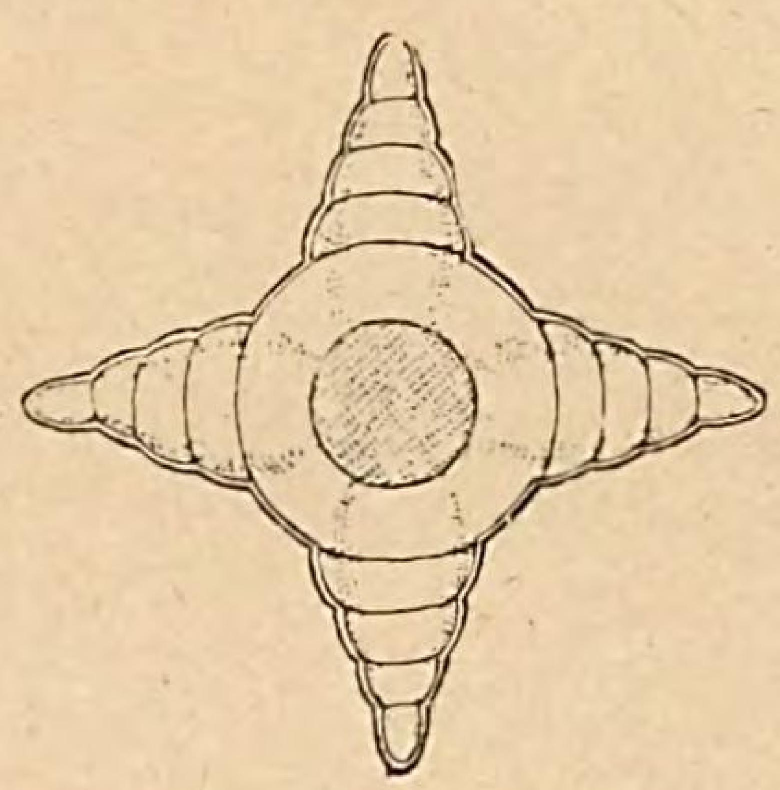
Niedere Algen.

A. Chroococcacee, die sich durch einfache Zellenteilung vermehrt. B. Pandorina, Kolonie von gewimperten (mit Cilien versehenen) Zellen; B[1] und B[2] Zoosporen derselben; B[3] Kopulation der beiden Arten von Zoosporen; B[4] cilientragende Zelle, die aus der Konjugation der beiden Zoosporen entstanden ist.

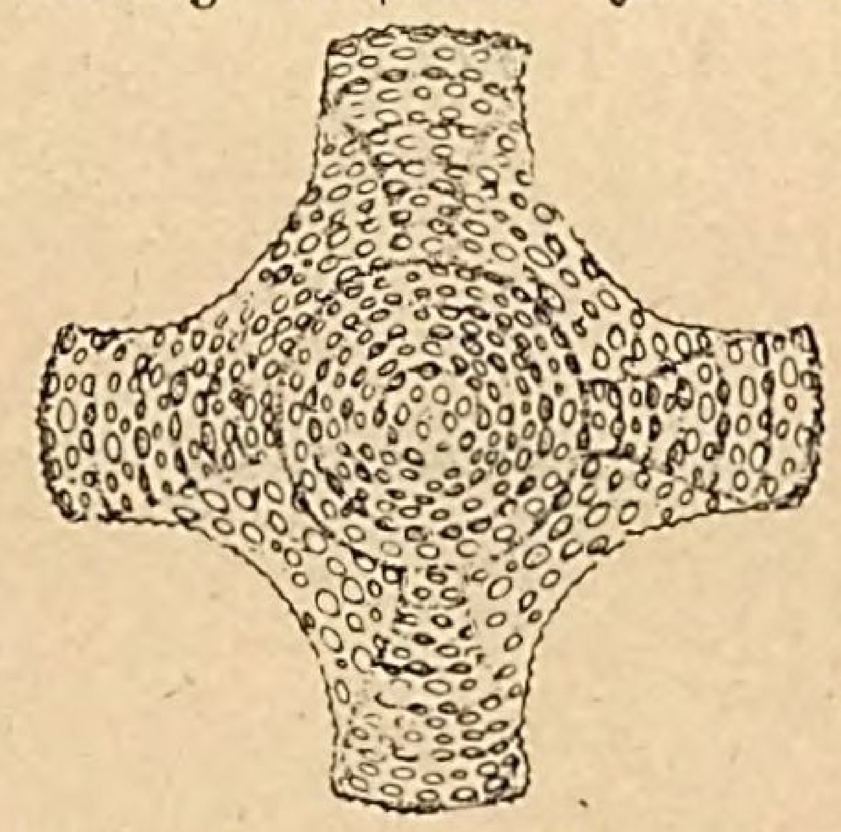
*) Histologie s. v. w. Gewebslehre; histologisch daher alles, was sich auf Wesen, Bildung und sonstige Verhältnisse der Gewebe bezieht.

die Annäherung an die Entwickelungsform der Landpflanzen eingeleitet ist, ja sogar die Anlage einer wirklichen Achse und besonderer regelmäßiger Anhänge findet sich da und dort. Wir stehen also vor dem Typus einer Urpflanze, deren Ernährung sich mit Hilfe verschieden angeordneter Zellenelemente vollzieht — ein Beispiel von Anpassungsvermögen, wie es kaum augenfälliger geboten werden kann.

Häckel teilt die Protisten in vegetale und animale und nennt die ersteren Urpflanzen oder Protophyten, die letzteren Urtiere oder Protozoen. Er leitet beide von den Probionten oder Protobien (d. h. erste Lebewesen, aus den griechischen Wörtern protos, „der Erste", und bios, „das Leben", gebildet) her. Diese sind nach Naegeli sehr kleine lebendige Plasmakörnchen, die unmittelbar aus spontan („freiwillig", „von selbst") entstandenen Eiweißverbindungen hervorgehen. Naegeli unterscheidet in der einleitenden Periode, welche zwischen der anorganischen Natur und den uns bekannten niedrigsten Organismen sich befindet, zwei Stufen, von denen die eine die Bildung der Eiweißverbindungen und deren Organisation zu plastidulen (kleinsten Teilen des belebten Plasma- oder Bildungsstoffes, also gleichsam lebenden Molekülen), die andere die Ausbildung derselben zu den uns bekannten einfachsten Organismen umfaßt. Die Protobien würden demnach die erste Entwickelungsstufe repräsentieren; Häckel bezeichnet sie als Phytomoneren (Pflanzenmoneren) und läßt aus ihnen die Zoomoneren (Tiermoneren) hervorgehen. Diese „animalen Raubmoneren" fanden es, wie er schreibt, bequemer, ihre Nahrung direkt von ihren vegetalen Schwestern zu beziehen, als selbst sich der Mühe der Plasma-Synthese zu unterziehen. Eine solche Aenderung des Stoffwechsels mußte die wichtigsten Folgen nach sich ziehen; physiologisch betrachtet, war damit die Ableitung des Tierreichs aus dem Pflanzenreiche gegeben.

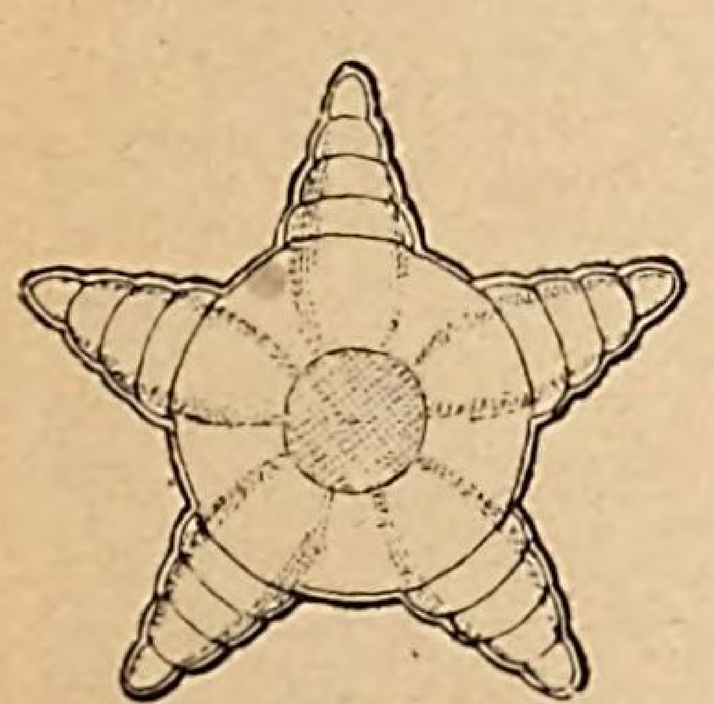


1. Vierstrahlige Kosmarie.

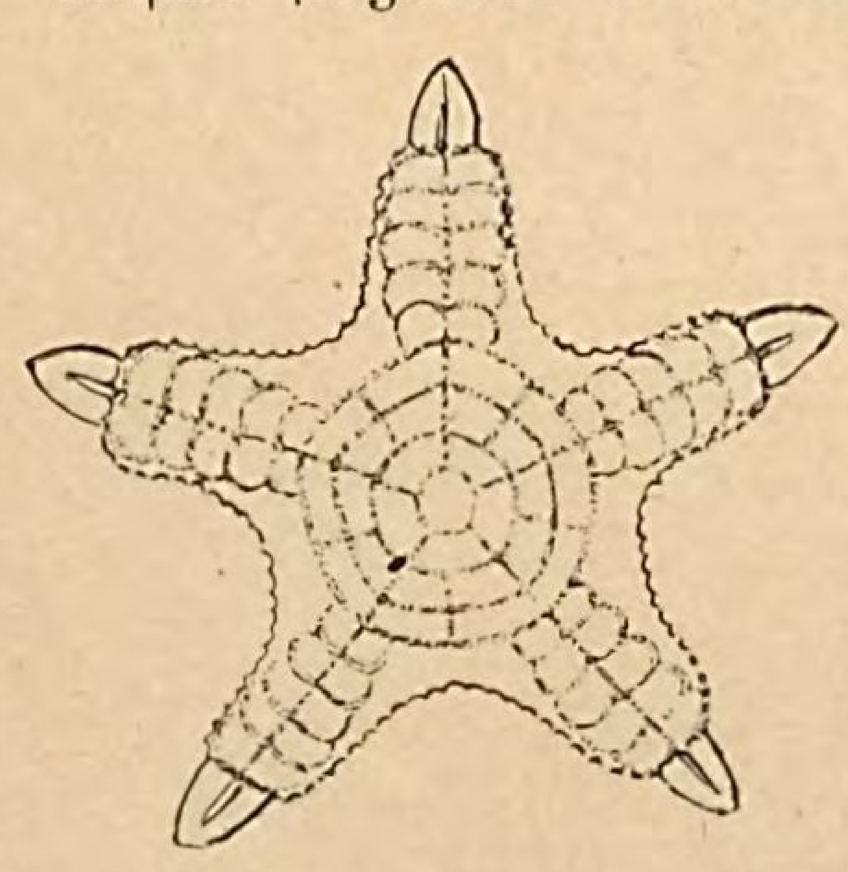


2. Vierstrahlige Discoidee.

Während nun im Tierreich den Zoomoneren die Protozoen oder Urtiere als nächste Entwickelungsstufen folgten, schließen sich an die Probionten unmittelbar die Protophyten (Urpflanzen) an. Unsere folgenden Abbildungen zeigen Urpflanzen und Urtiere nach Häckel, wobei verwandte Formen (1 und 2, 3 und 4 u. s. w.) einander gegenüber gestellt sind, so daß die Gleichförmigkeit der beiderseitigen Entwickelung zur Anschauung gebracht wird. Die linksseitigen Abbildungen stellen Urpflanzen, die rechtsseitigen Urtiere vor.



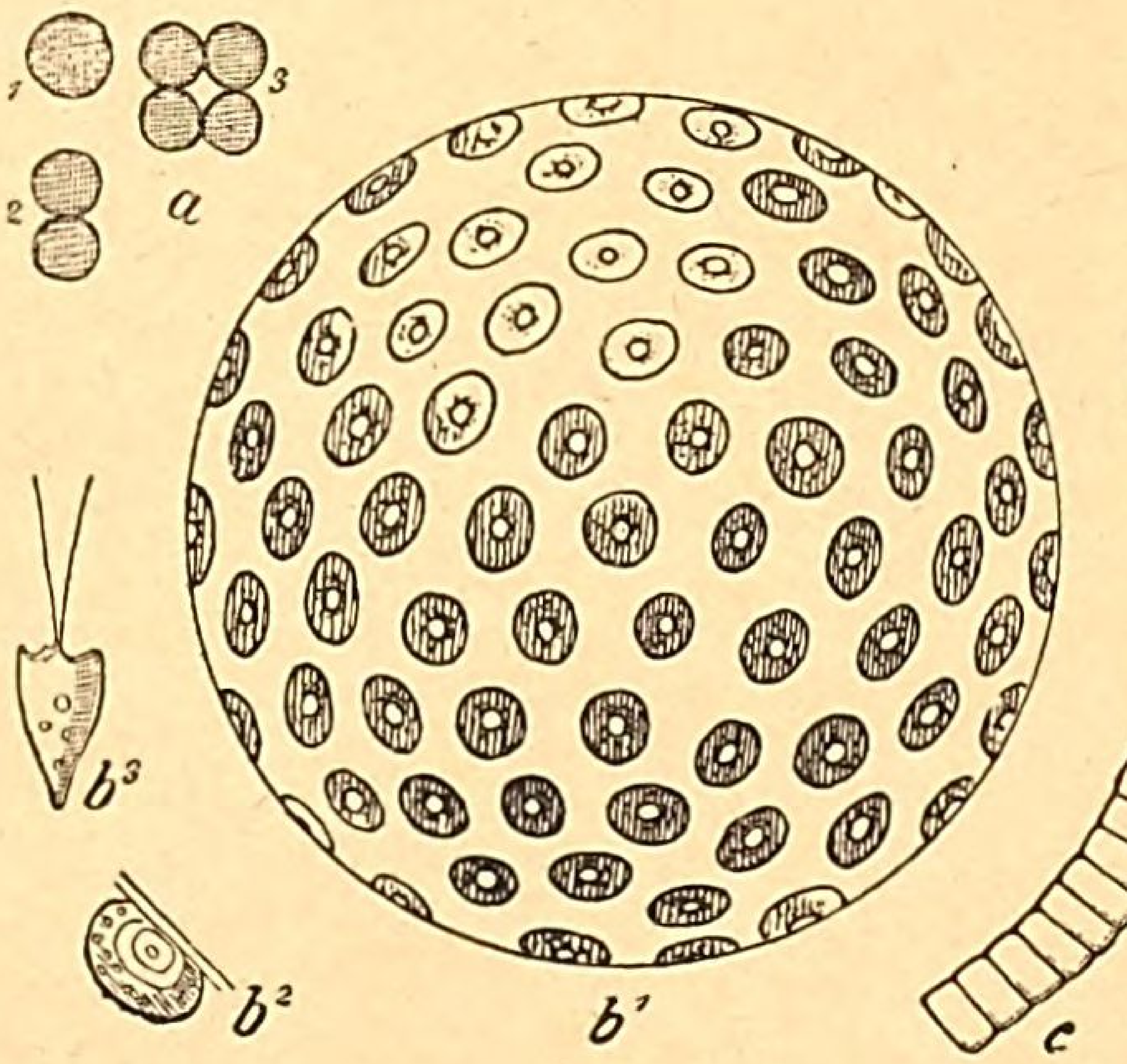
3. Fünfstrahlige Kosmarie.



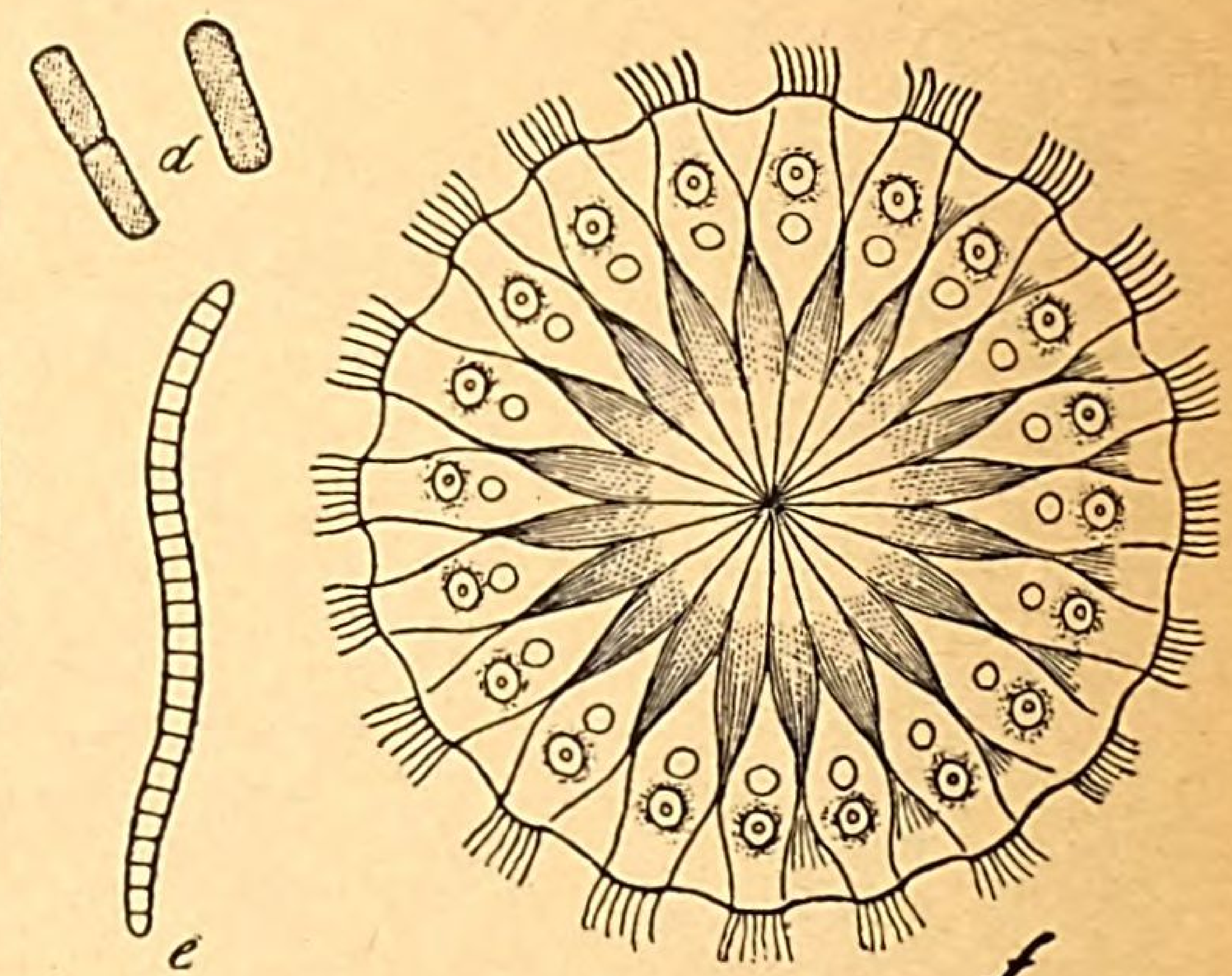
4. Fünfstrahlige Discoidee.

Wir sehen hier zunächst in Fig. 1 eine vierstrahlige Kosmarienform aus der Klasse der Diatomeen und in Fig. 2 eine vierstrahlige Discoidee aus der Klasse der Radiolarien und bemerken die wunderbare Uebereinstimmung in der Anlage dieser beiden durch ihre Ernährungsweise so sehr von einander unterschiedenen Protisten. Ganz dasselbe gilt von den fünfstrahligen Arten der beiden Gattungen, die wir in Fig. 3 und 4 veranschaulichen. Auch die drei-, acht- und vielstrahligen Gegenstücke formverwandter Protophyten und Protozoen zeigen eine Uebereinstimmung, die sich mitunter bis auf die kleinsten Einzelheiten erstreckt.

In Fig. 5 der untenstehenden Abbildung finden wir in a1 bis 3 eine Phytomonere aus der Ordnung der Chroococcaceen in Zwei- und Vierteilung. Der Zellkern fehlt, es ist also keine rechte Zelle, sondern eine Cytode, eine richtige „Monere“, die wir vor uns sehen. b1 stellt eine Zellenkolonie der Halosphaera viridis dar, die



5. a. Chroococcus primordialis. b. Halosphaera. c. Oscillatoria Froelichii.



6. d. Bacillus aceti. e. Leptothrix parasitica. f. Magosphaera planula.

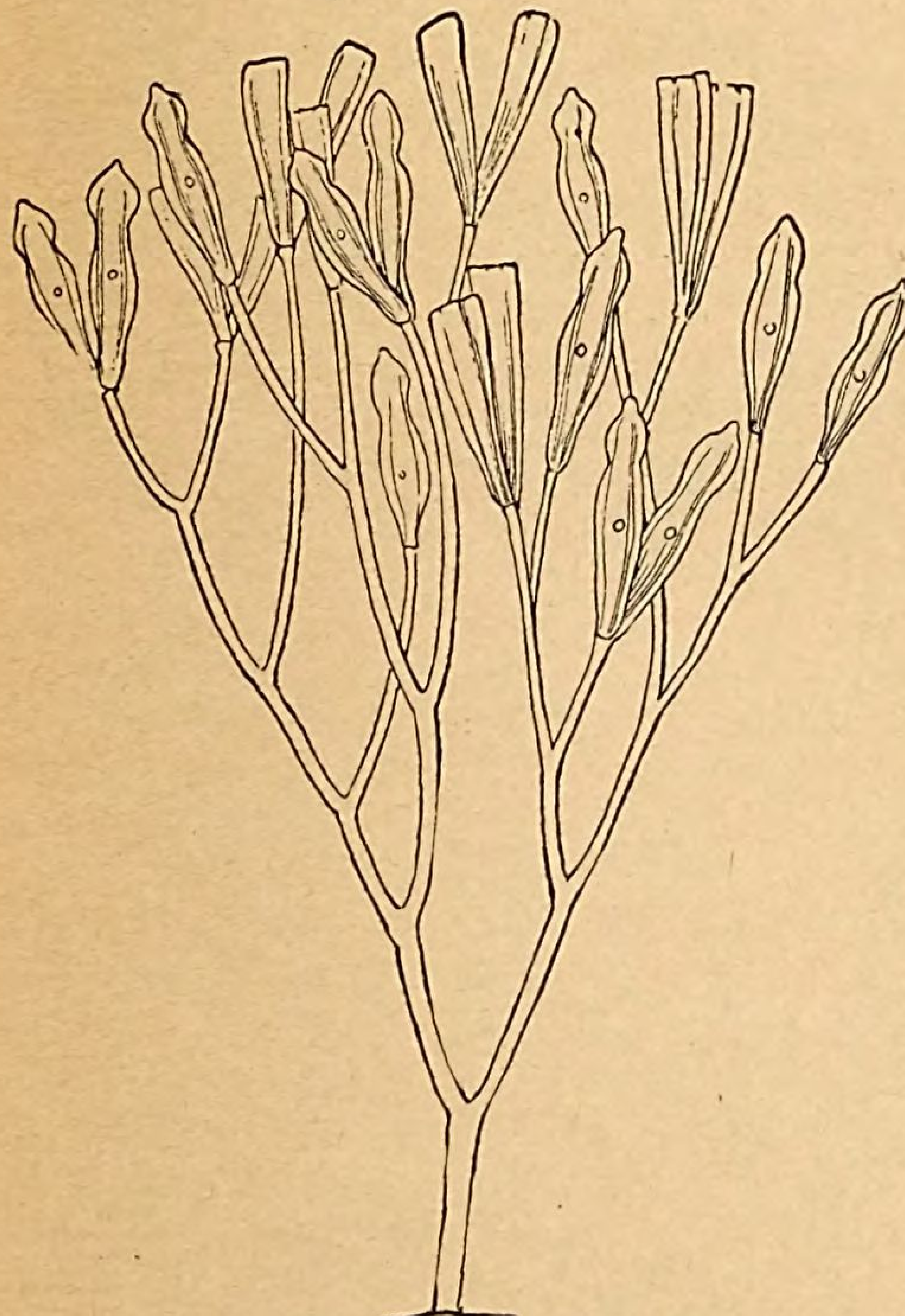
eine von einer einzigen Zellschicht umwandete Hohlkugel bildet, die sich aus lauter grünen Zellen b2 zusammensetzt; später teilt sich jede dieser Zellen in vier Schwärmsporen (b3). In c sehen wir eine fadenförmige Phytomonere aus der Ordnung der Chroococcaceen (Oscillatoria Froelichii), die aus durch Querteilung vermehrten aber mit einander im Zusammenhange gebliebenen Cytoden zusammengesetzt ist.

Als Seitenstücke zu diesen urpflanzlichen Formen sehen wir in Fig. 6 diejenigen des Bacillus aceti (d), eines Zoomoneres aus der Klasse der Bakterien, der Leptothrix parasitica, deren fadenförmige Monerengruppe (e) ganz wie diejenige der Oscillatoria aussieht, und der Magosphaera planula (f), eines Infusoriums aus der Klasse der Flagellaten (Geißeltiere), die einen kugelförmigen Zellverein gleich demjenigen der Halosphaera bildet.

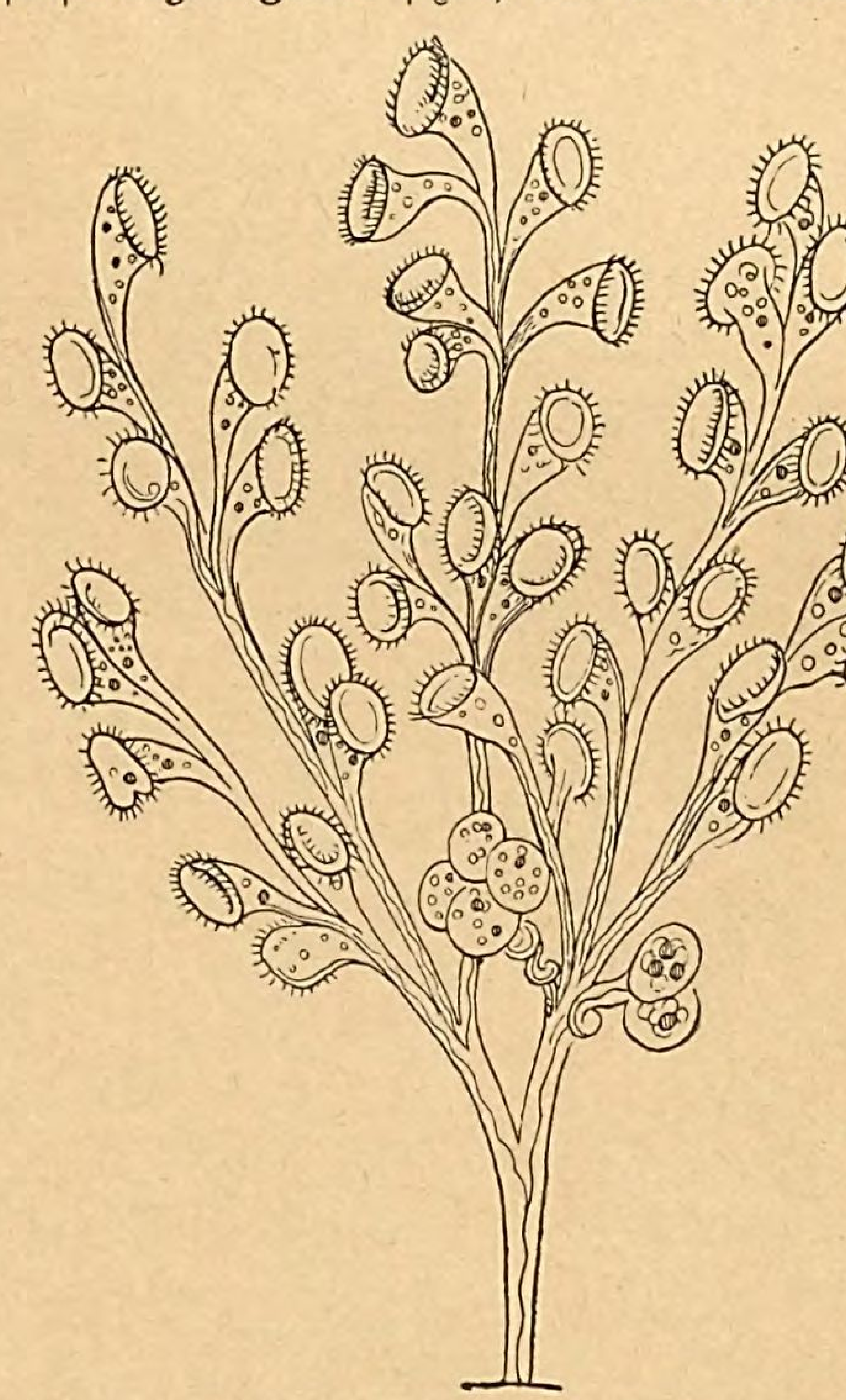
Von der Magosphaera giebt Häckel, der sie 1869 an der norwegischen Küste entdeckt hat, eine interessante Lebensschilderung. Er fing bei der Insel Gis-Oe in der Nähe von Bergen einige an der Oberfläche des Meeres schwimmende, äußerst zierliche, kleine Kugeln, die zusammengesetzt waren aus einer Anzahl von wimpernden, birnenförmigen Zellen, die mit ihren spitzigen Enden strahlenartig im Mittelpunkt der Kugel vereinigt waren. Nach einiger Zeit löste sich die Kugel auf. Die einzelnen Zellen schwammen selbständig im Wasser umher. Die Zellen senkten sich nachher zu Boden, zogen ihre Geißeln in den Leib zurück und gingen allmählich in die Form einer kriechenden Amöbe über. Die letztere kapselte sich später ein und zerfiel dann durch fortgesetzte Zweiteilung in eine große Anzahl von Zellen. Die Zellen bedeckten sich mit Flimmerhärchen, durchbrachen die Kapselhülle und schwammen nun wieder in der Form einer flimmernden Kugel umher.

Die Abbildung auf S. 487 zeigt uns in Fig. 7 Gomphonema acuminatum, eine Algarie aus der Diatomeenklasse, die einen baumförmigen Zellenverein darstellt. Die an den Spitzen der Gabeläste haftenden, kieselschaligen Zellen von gelber Farbe vermehren sich durch Zweiteilung. Daneben sehen wir das formverwandte Carchesium polypinum, ein festsitzendes Infusorium aus der Klasse der Ciliaten, mit spiralig zusammenziehbaren Stielen und glockenförmigen Wimperzellen (Fig. 8).

Die Abbildung auf S. 488 oben enthält in ihrer Fig. 9 Protophyten der Algettenarten Peridinum tripus (links), Pediastrum pertusum (rechts oben) und Volox globator (in der Mitte), welch letztere sich durch freie Schwimmbewegung mittels der Geißeln und durch Differenzierung der Zellen von der oben genannten Halosphaera unterscheidet. Sie besitzt ungeschlechtliche, mit je zwei Geißeln versehene Zellen, die für Ernährung und Bewegung der schwimmenden Hohlkugel sorgen, und kleine, über die ganze Oberfläche verbreitete Spermazellen, durch die die größeren Eizellen befruchtet werden; in Fig. 10 sind die entsprechenden Seitenstücke aus dem Protozoenreiche zu einer Gruppe vereinigt: der Stentor Roeselii, ein Infusorium aus der Klasse der Ciliaten (rechts), das Sphaerozoon ovodimare aus der Klasse der Radiolarien (links unten), in dessen Gallertmasse feine Kieselnadeln eingestreut sind, an denen die linsenförmigen Zellen sitzen, und Nummulites



7. Gomphonema acuminatum.



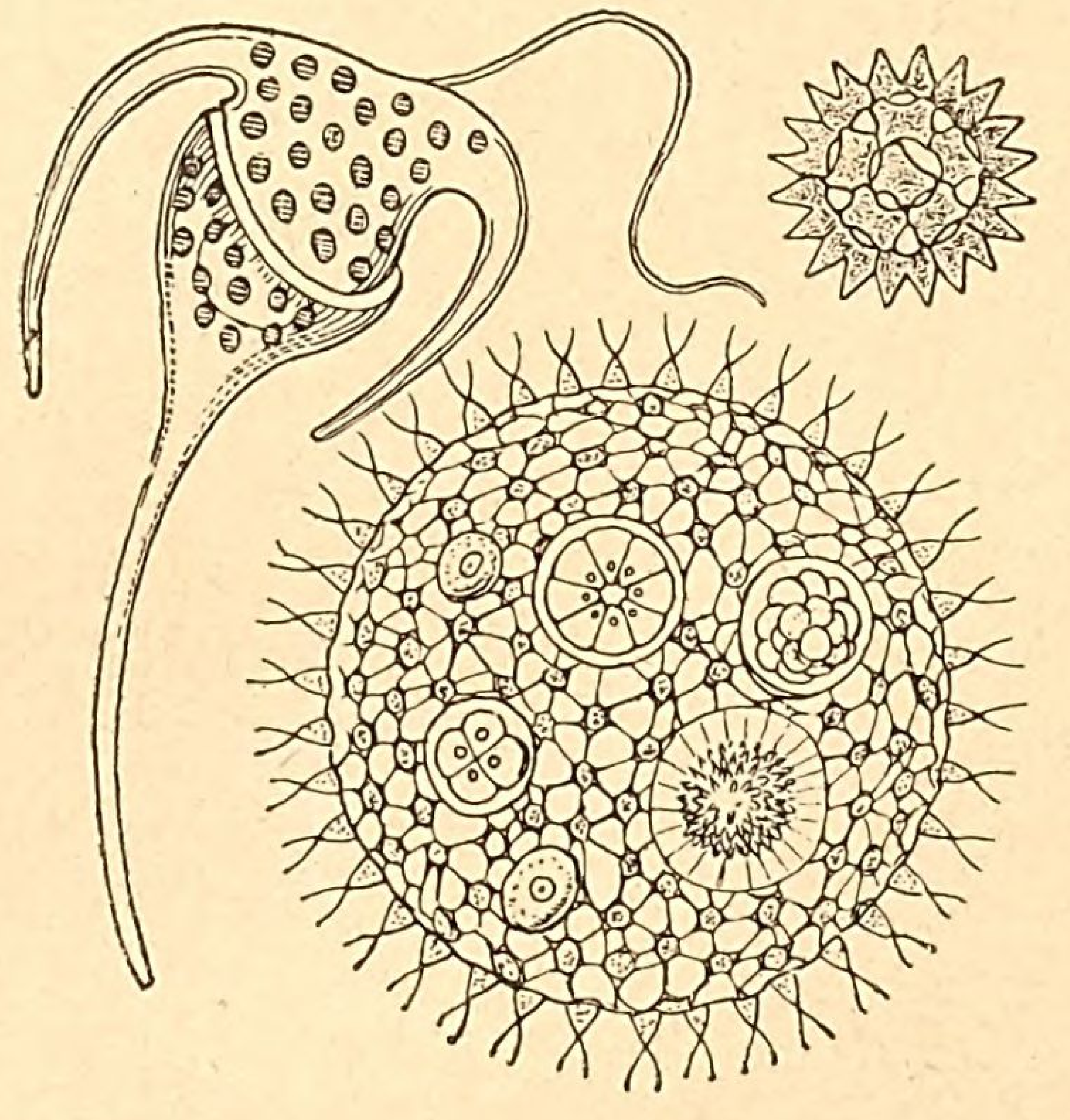
8. Carchesium polypinum.

mammillata aus der Klasse der kalkschaligen Thalamophoren (links oben), in deren Schale die einzelnen Zellen in spiraliger Reihe angeordnet sind.

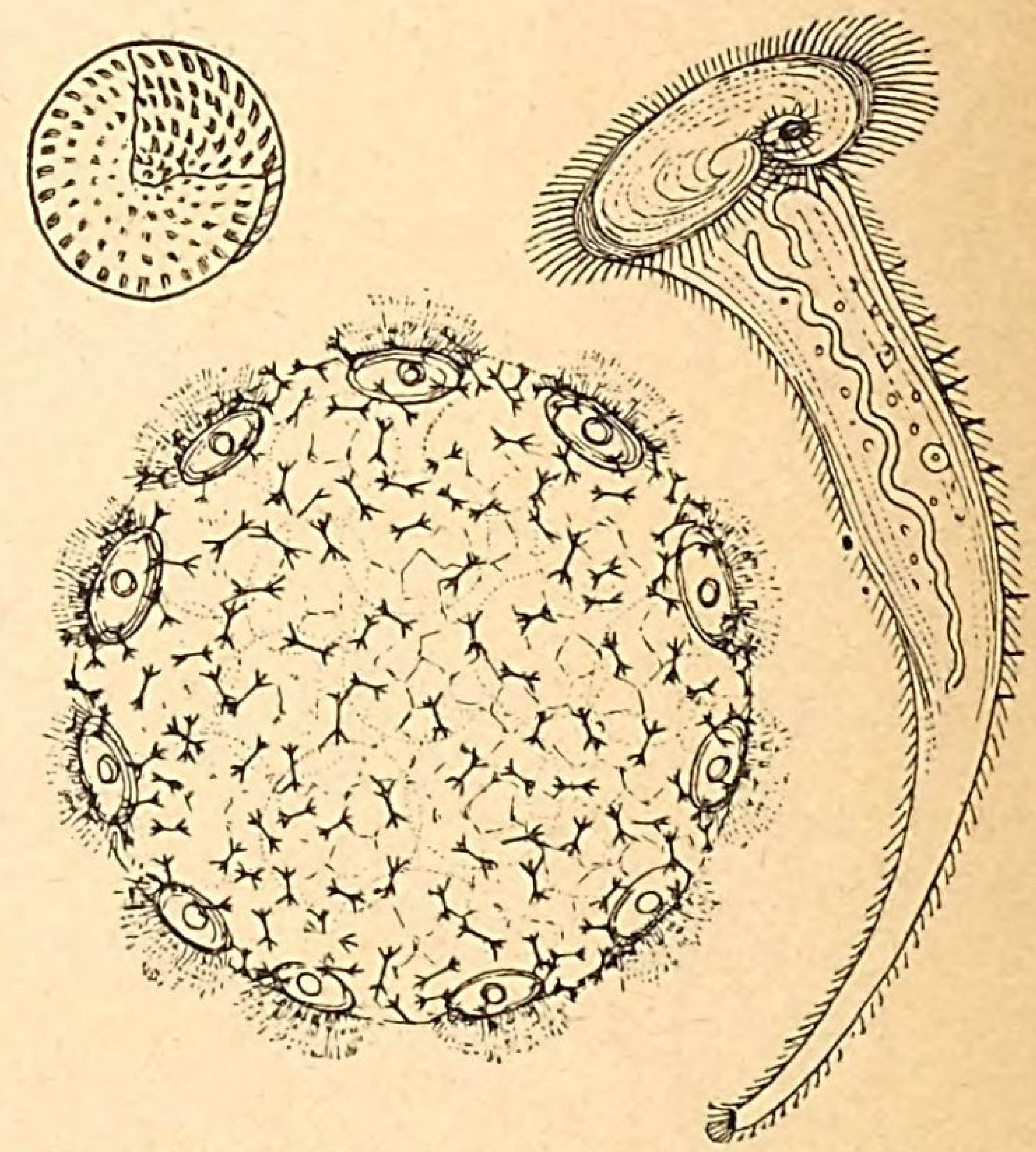
Die folgende Abbildung zeigt uns verschiedene Formzustände einer Amöbe, also eines einzelligen Urtierchens, dessen Protoplasma von keiner Membran umschlossen ist. Man findet solche Wesen, wie in Saporta-Marions Werk über die Kryptogamen zu lesen ist, zuweilen an der Mittelmeerküste Frankreichs im Meeressande bei 10 bis 20 m Tiefe. Sie können mehrere Centimeter groß werden und zeichnen sich dadurch aus, daß ihre gesamte Substanz von feinen, dem Boden entnommenen Partikelchen durchsetzt ist. Diese Amöben haben das Aussehen eines kleinen Sandklümpchens, welches man kaum der Beachtung wert halten würde, wenn es nicht kurze Fortsätze ausschickte und sich langsam fortbewegte. Es haftet an allen fremden Körpern, und man kann beobachten, wie es sich an den Wänden des Gefäßes, in denen es gehalten wird, in die Höhe bewegt, während die Sandkörnchen, mit denen es besetzt ist, unter der Wirkung der Schwere sich allmählich

ablösen. Das von dem Sande befreite Wesen stellt eine hyaline*), leicht gelbliche und kernlose Gallertmasse dar.

Fig. I der oberen Reihe läßt in starker Vergrößerung die Gestalt der frei umherkriechenden Amöbe erkennen; k ist der Kern, n das Plasma, von dem n′ den ernährenden

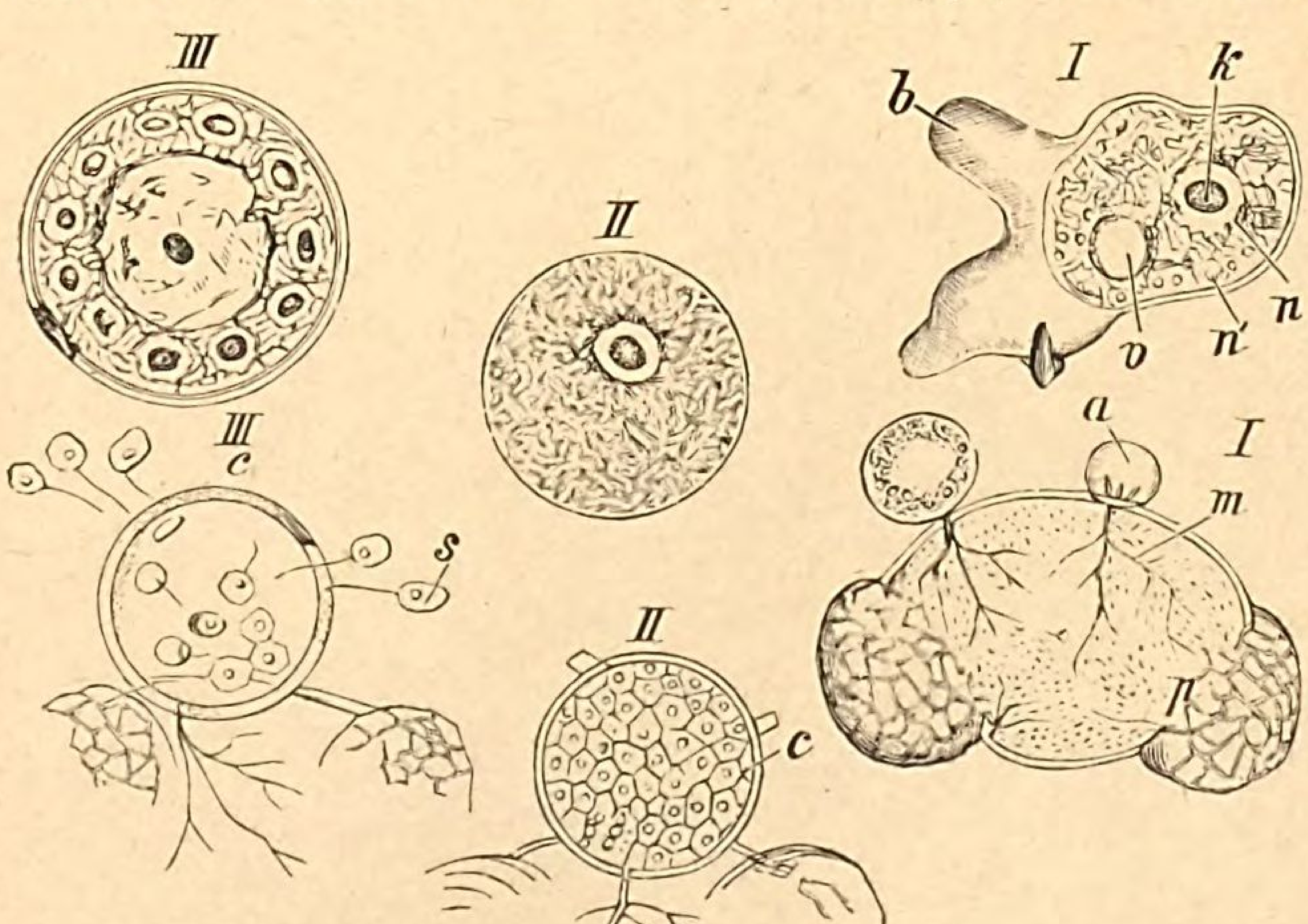


9. **Links: Peridinum tripus; rechts: Pediastrum pertusum; unten: Volox globator.**



10. **Links oben: Nummulites mammillata; rechts: Stentor Roeselii; unten: Sphaerozoon ovodimare.**

Teil darstellt, v eine Vacuole, b eines der vorgestreckten Scheinfüßchen oder Pseudopoden. In Fig. II hat sich die Amöbe in den Ruhezustand versetzt und erscheint nun als eine kugelförmige Blase, die sogenannte Ruhecyste, von der Fig. III den Querschnitt in einem Stadium zeigt, in welchem die Schwärmsporen in dem gegen die Kugeloberfläche hin gelagerten Plasma noch unentwickelt zusammengeballt liegen. Von der unteren Figurenreihe bringt Fig. I zwei junge Amöben zur Anschauung, von denen die eine mit a bezeichnet ist. Die kleinen Kugeln sitzen auf dem Pollen, in den sie wurzelartige Plasmafortsätze getrieben haben. Eine ausgewachsene Amöbe ist in Fig. II zu sehen; der Körper derselben hat sich mit einer Membran umgeben und ihr Inhalt in Sporen (c) geteilt. Fig. III endlich zeigt Amöbensporen, die zum Teil noch in der Cyste eingeschlossen, zum Teil bereits ausgeschlüpft sind.

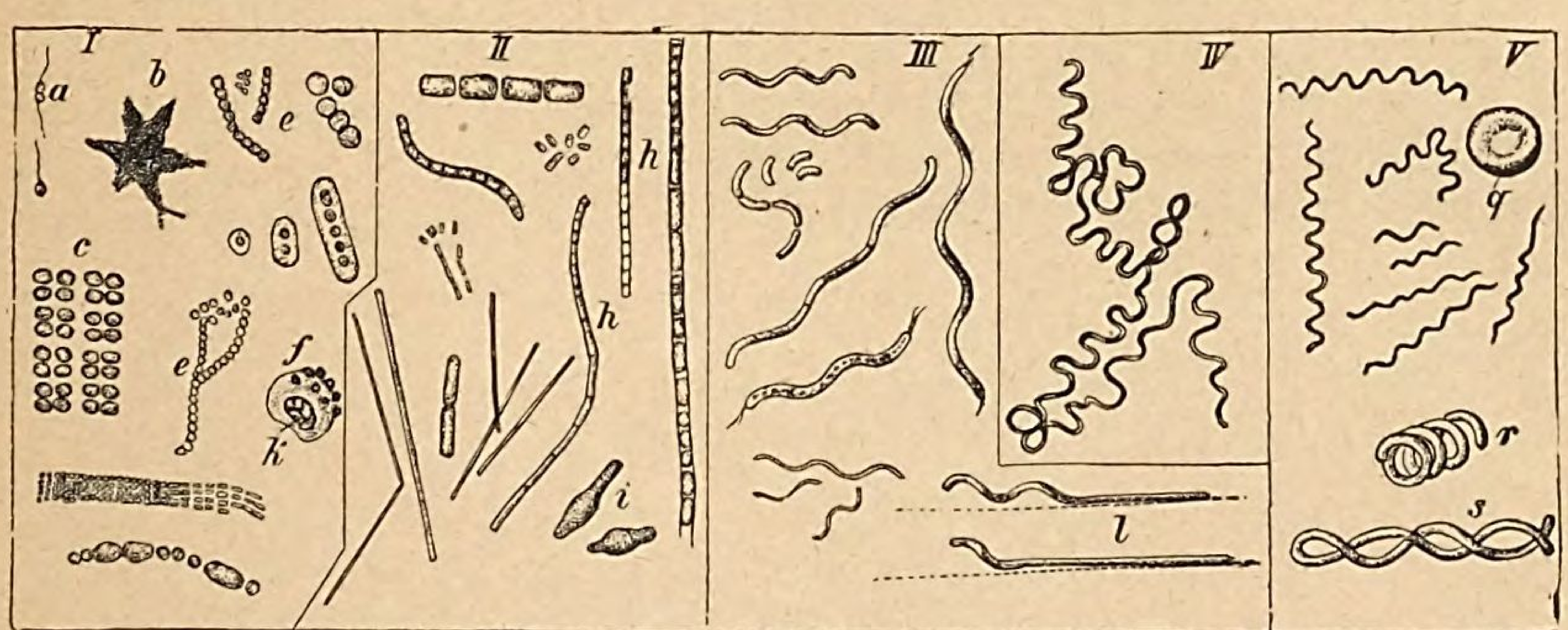


Formzustände einer Amöbe.

*) Hyalin, eine organische Substanz, die sich beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure auflöst, wobei sich Traubenzucker abspaltet.

Die Hauptgruppen der Protophyten sind nach Häckel: 1. die Phytomoneren mit den Unterabteilungen der Probionten und Chromacäen; 2. die Algarien mit den Unterabteilungen der Paulotomeen, Diatomeen und Conjugaten; 3. die Algetten mit den Mastigoten, Melethallien und Siphoneen. Die Protozoen teilt Häckel in vier Hauptgruppen, und zwar: 1. Zoomoneren mit den Unterabteilungen der Bakterien und Rhizomoneren; 2. Sporozoen mit den Gregarinen und Chytridinen, die auch als Fungillarien zu einer Klasse vereinigt werden können, und denen sich die weitere Klasse der Fungiletten oder einzelligen Pilze mit vielfach verzweigtem Zellkörper anschließt; 3. die Rhizopoden (Wurzelfüßer) mit den Lobosen (Lappingen), Mycetozoen (Pilztierchen), Heliozoen (Sonnentierchen), Thalamophoren (Kammerlingen) und Radiolarien (Strahlingen), 4. die Infusorien (Aufgußtierchen) mit den Flagellaten, Ciliaten und Acineten.

Die Probionten und die Chromaceen — letztere in ihren Ordnungen der Chroococcaceen und Oscillarien — haben wir bereits kennen gelernt, ebenso einzelne Ordnungen der beiden anderen Hauptklassen der Protophyten. Es sei hier nur bemerkt, daß die Einteilung der einzelligen Algen (die in der Botanik gewöhnlich summarisch als solche zusammengefaßt werden) in **Algarien** und Algetten von Häckel deshalb vorge-



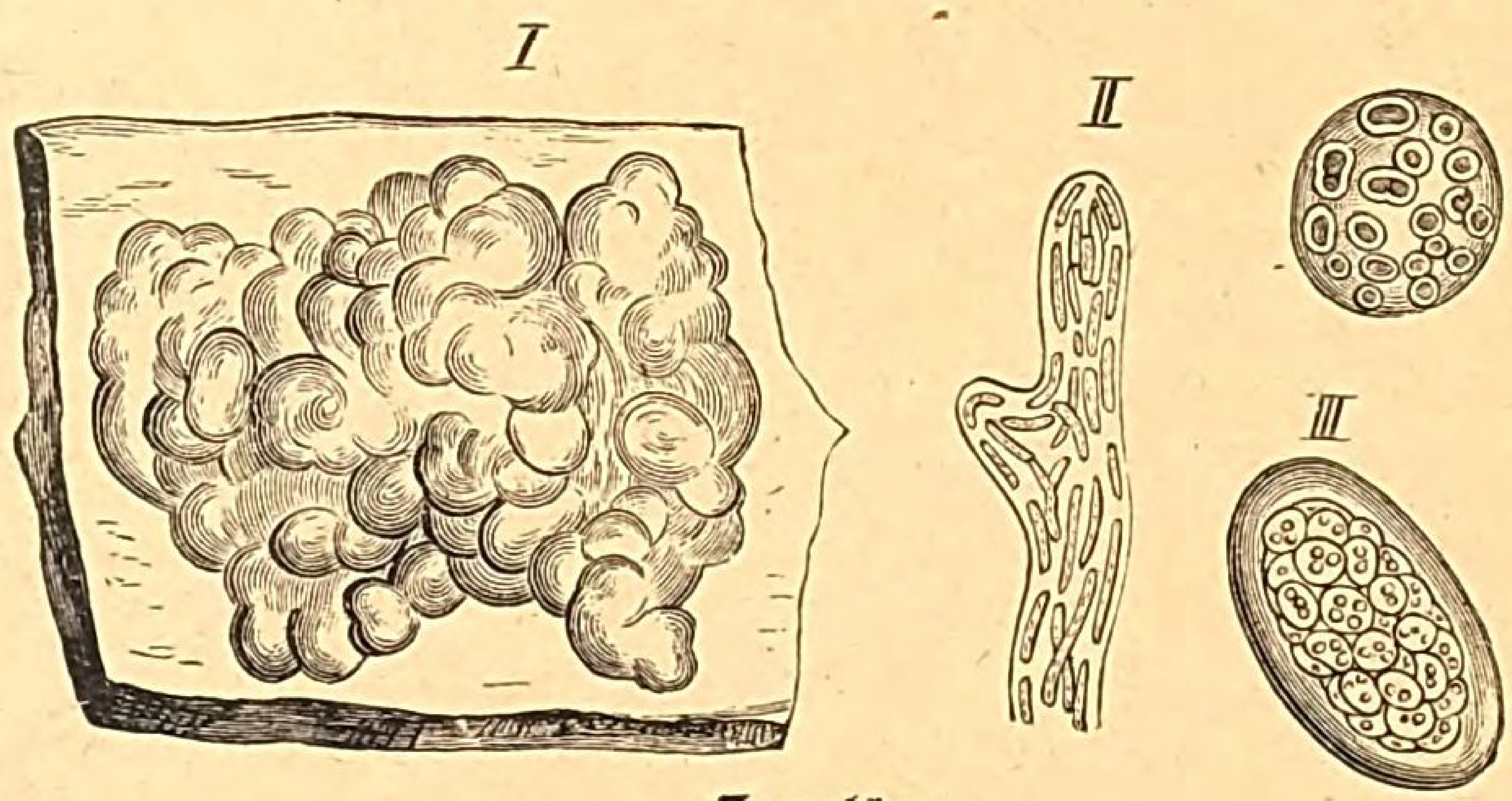
Spaltpilze.

nommen worden ist, weil die der erstgenannten Hauptklasse angehörigen Klassen weder Geißelbewegung noch Schwärmsporen besitzen, während die Algetten damit ausgerüstet sind. Die zu diesen letzteren gehörige Klasse der Siphoneen zeichnet sich überdies noch, wie ebenfalls schon erwähnt wurde, durch ihre auffallende Differenzierung, ihre kolossalen Schlauchbildungen von mannigfaltiger Thalloidform*) mit zahlreichen kleinen Zellkernen aus und steht mit Recht als höchst ausgebildete Protophytenform an der Spitze der Urpflanzen.

Von hoher Wichtigkeit sind für unser alltägliches Leben die Spaltpilze oder Bakterien, von denen man runde, stäbchenförmige und schrauben- oder korkzieherförmige Formen unterscheidet. Die ersteren heißen Coccen, die stäbchenförmigen Bakterien im engeren Sinne oder Bacillen, die traubenförmigen Spirillen. Unsere obenstehende Abbildung zeigt in Fig. I verschiedene Coccenformen, und zwar in a Schwärmer mit Flimmerhaaren, in b eine Kolonie von Diphtheritiscoccen auf einer Impfstelle des Kaninchenauges, in c Coccen, die zu regelrechter Vierteilung gelangt sind, in e schnurartig

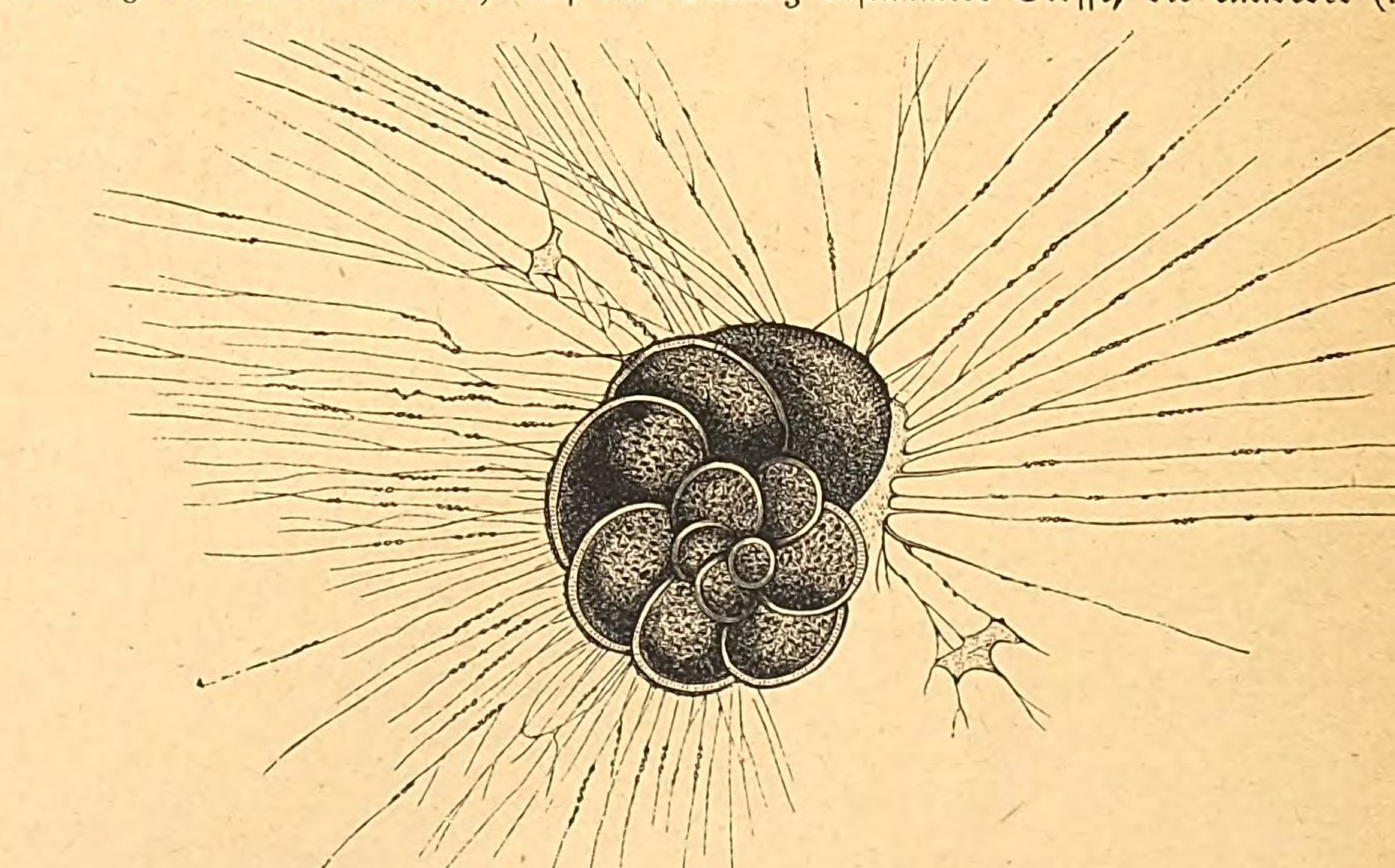
*) Thallus, griech., s. v. w. Lager, nennt man die vegetativen Teile der Pflanzen, an denen eine deutliche morphologische, d. h. die Gestalt betreffende Differenzierung von Blatt, Stamm und Wurzel nicht vorhanden ist. Bei den blumenlosen Pflanzen, den Kryptogamen, die weder Stengel noch Blatt besitzen, bildet der Leib eine gleichartige Zellenmasse, und diese ist der Thallus; wir finden ihn bei den Algen oder Tangen und den Pilzen. Bei den Siphoneen, die — wie bereits erwähnt — einzellig sind, kann die vielzellige Thallusmasse natürlich nicht vorhanden sein, und ihre morphologische Nachbildung wird daher Thalloidform (thallusähnliche Form) genannt.

aneinander gereihte Coccen von verschiedener Größe und Form, in f eine Eiterzelle mit anhaftenden Coccen und Kern k. In Fig. II sehen wir oben kurze Stäbchen, die sogenannten Bacillen, unten lange Stäbchen, von denen zwei (bei i) deformiert sind, drei andere (bei h) im Begriffe stehen, in Bacillen und Coccen zu zerfallen, des ferneren gebogene Stäbe. Fig. III zeigt uns Spirillenformen, bei l solche Stabformen, die im Begriffe stehen, in Spirillenform überzugehen. Der spirillenartig gewundene Faden in Fig. IV stellt ein Gebilde dar, wie man es oft in die verschiedenen Spaltpilzformen zerfallen sieht. Fig. V endlich zeigt Spirillen, wie sie im Blute Rückfallfieberkranker auftreten, bei q ein Blutkörperchen, bei r eine schematische Zeichnung, die die Spirillenform in der oberen Ansicht veranschaulichen soll, und in s eine zusammengedrehte Spirillenform.



Zooglöen.

Je nachdem die Bakterien auf einem toten oder lebenden Nährboden vegetieren, verursachen sie verschiedene Zersetzungsprozesse, die auf totem Nährboden zur Verwesung, Fäulnis oder Gärung, auf lebendem zur Hervorrufung von Krankheiten führen. Diese Wirkung der Bakterien beruht auf der Bildung bestimmter Stoffe, die entweder (auf totem Nährboden) zersetzend oder (auf lebendigem) vergiftend wirken. Das außerordentlich rasche Wachstum der Bakterien unter günstigen Bedingungen verstärkt natürlich ihre Wirksamkeit. Manche bilden sich im Verlaufe einer halben Stunde vollständig bis zur Teilung aus, und man hat ausgerechnet, daß unter der Voraussetzung des Vorhandenseins eines ausreichenden Nährbodens und der durch nichts gestörten stetigen Fortentwickelung, die binnen einer Stunde die Entstehung von zwei Bakterien aus einer herbeiführen würde, schon nach drei Tagen aus einem solchen Spaltpilze 47 Trillionen entstanden sein würden, die ein Gewicht



Foraminifere (Rotalia veneta).

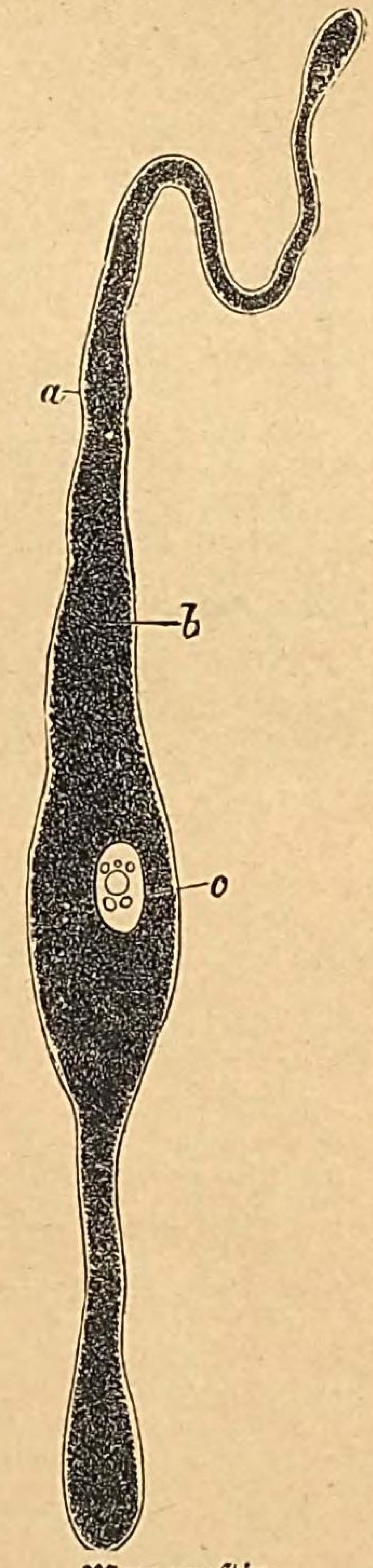
von $7^1/_2$ Millionen kg repräsentieren würden; nach fünf Tagen aber würde die Masse der auf solche Weise durch einfache Teilung vermehrten Bakterien ausreichen, um den Raum des ganzen Weltmeeres damit auszufüllen.

In Bezug auf die Zusammengehörigkeit der mannigfaltigen Spaltpilzformen herrschen zur Zeit noch nicht unerhebliche Meinungsverschiedenheiten. Vielfach hat sich die Anschauung Bahn gebrochen, daß diese verschiedene Formen nicht verschiedene Arten der Bakterien darstellen, sondern nur verschiedene Entwickelungsstadien einer und derselben oder doch nur einiger weniger Arten seien.

Thatsächlich weiß man nur Formunterschiede zwischen den Bakterien und deren Gruppen anzugeben. Die ersteren haben wir bereits aufgezählt; die Gruppen, die durch Vermehrung der Bacillen entstehen, wenn dieselben in bestimmter Anordnung bei einander liegen bleiben, werden hauptsächlich als Kettenreihen (Streptococcen), traubenförmige (Staphylococcen), aus je vier Coccen gebildete (Tetragenus), packetförmige zu je 4, 8, 16 und mehr Coccen (Sarcinae) unterschieden. Wenn die Zellmembranen der einzelnen Coccen stark aufquellen, so bilden sich die Verbände derselben zu sogenannten Zooglöen aus. Die Abbildung auf S. 490 oben zeigt ein auf einer Rübenscheibe vegetierendes Zooglöastadium, Fig. II den Ast einer Zooglöa, in deren Innerm sich stäbchenförmige Spaltpilze entwickelt haben, und Fig. III Zooglöen, in deren Innerm sich coccenförmige Spaltpilze erzeugen. Die scheibenartige Abbildung auf S. 492 zeigt uns eine Zooglöenmasse aus faulendem Sumpfwasser unter dem Mikroskop.

Die Krankheitserreger unter den Bakterien bilden in neuester Zeit den Gegenstand eines besonders eingehenden Studiums, und es ist allgemein bekannt, daß man bereits eine Reihe von Spaltpilzformen gefunden hat, durch die bestimmte Krankheiten hervorgerufen werden, so den aus kurzen kommaartig gekrümmten Stäbchen bestehenden Cholerabacillus, den Tuberkelbacillus, den Eiter erregenden Streptococcus pyogenes, den Milzbrandbacillus u. a.

Aus der Hauptgruppe der Sporozoen, die Sporentierchen mit Zellkern aber ohne bewegliche Fortsätze sind, wollen wir die parasitischen, d. h. als Schmarotzer lebenden Gregarinen herausgreifen. Sie haben meist Ei- oder Keulenform und am Vorderteil einen Ansatz, der mitunter halsartig verlängert und mit Haken zum Festhalten ausgerüstet ist. Unsere nebenstehende Abbildung zeigt eine solche Gregarine, die ihr Schmarotzerdasein in der Leibeshöhle des Regenwurmes führt. Der dem von ihr bewohnten Tiere (dem „Wirt") angepaßte, langgestreckte und wurmförmig sich bewegende Körper ist eine einfache Zelle mit fester Haut a, Protaplasma b und Kern c.

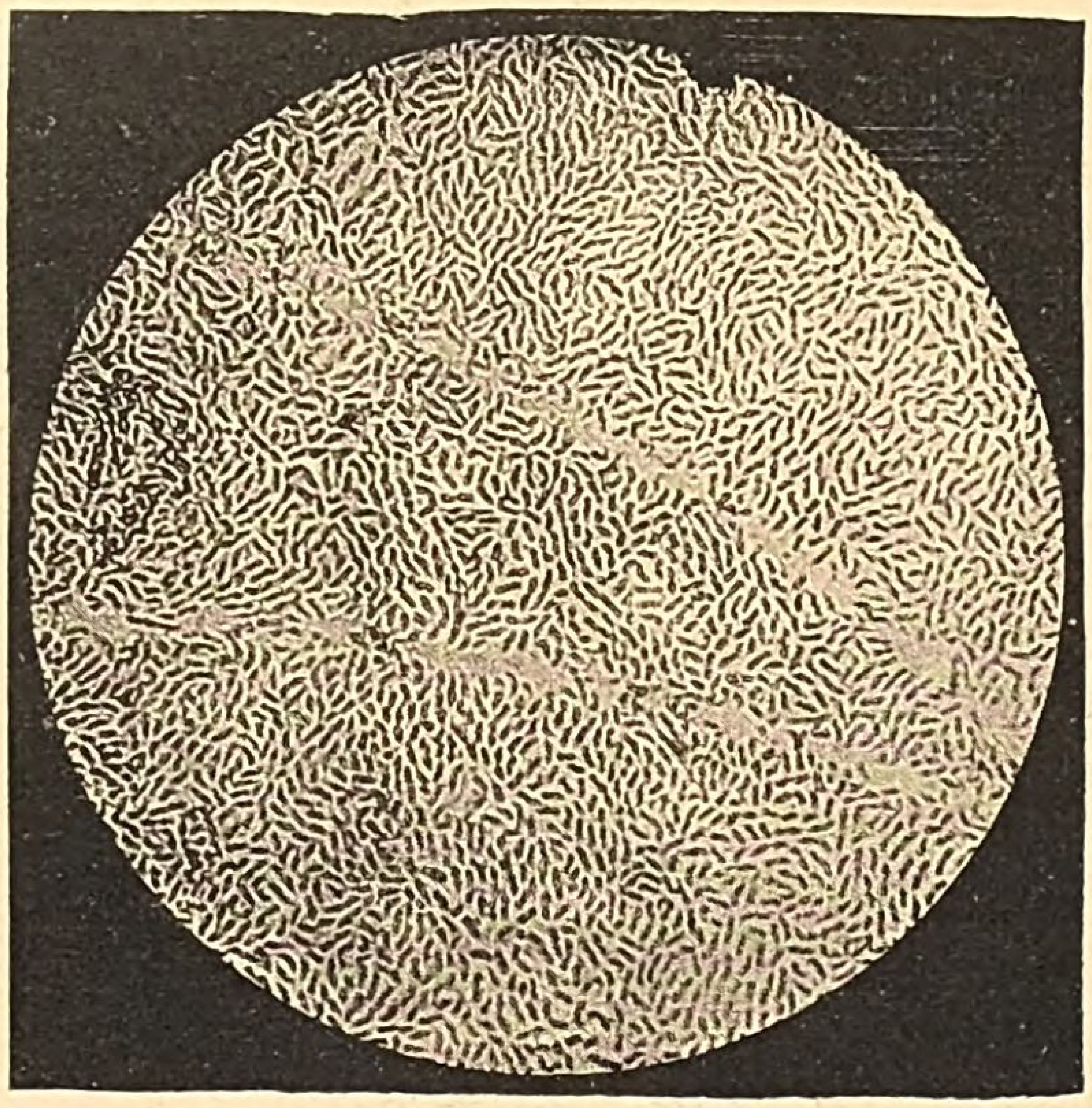


Monocystis.

Aus der Gruppe der Rhizopoden oder Wurzeltierchen haben wir bereits die Foraminiferen oder Talamophoren an anderer Stelle kennen gelernt und uns von dem erheblichen Anteil überzeugt, den sie an der Bildung unserer Erdrinde genommen haben. Wir führen auf S. 493 ein Prachtexemplar aus dieser Gruppe, eine noch lebende Art der Globigerinen vor, wie solche in unzähligen Mengen den Boden eines großen Teiles des offenen Oceans decken, ferner auf S. 490 die rosettenartig angeordnete foraminiferrn-Species Rotaliaveneta, beide in sehr starker Vergrößerung.

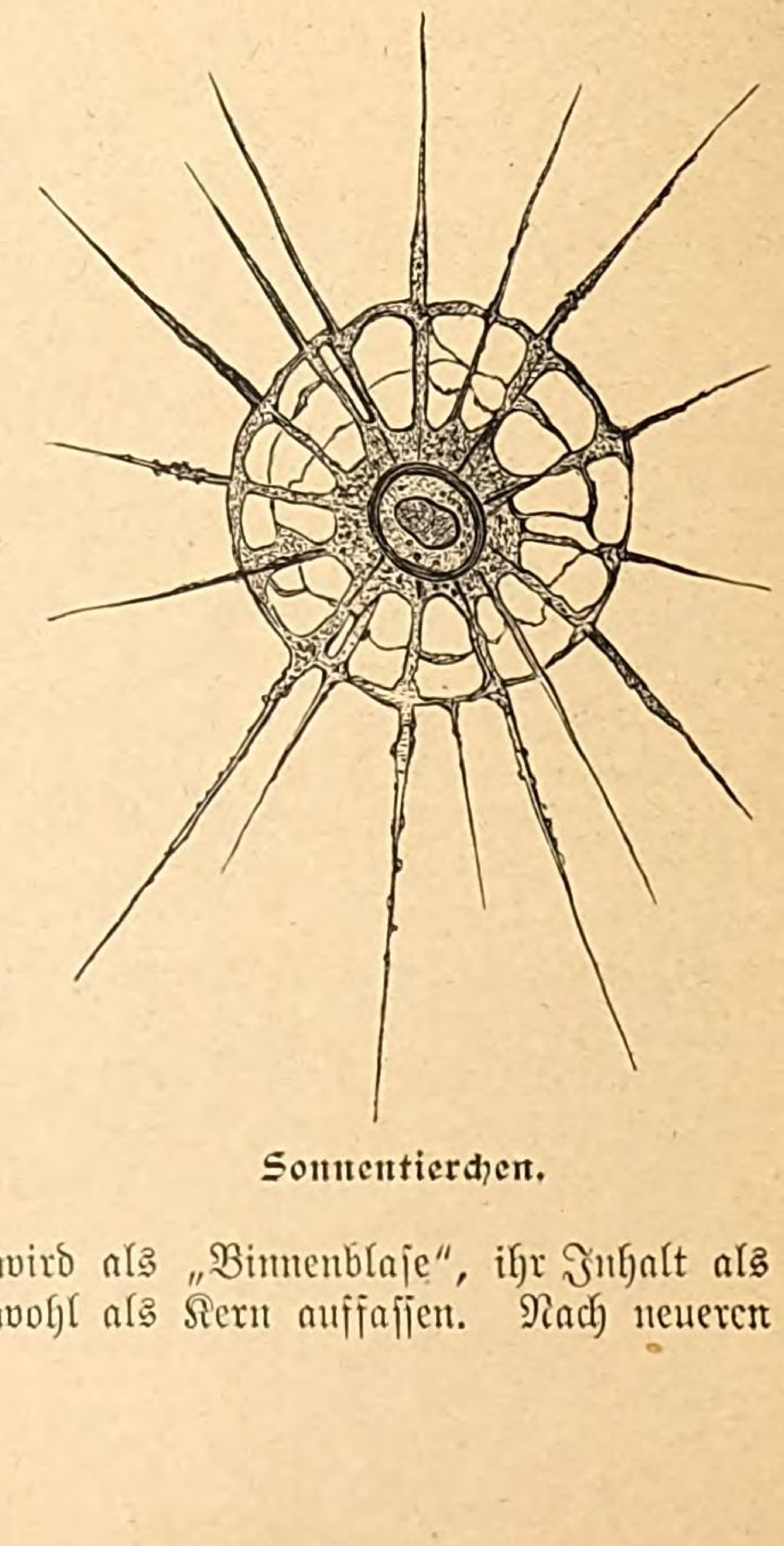
Die Lobosen zeigen den dem Leser bereits bekannten Typus der Amöbe und werden deshalb auch Amöbarien genannt; ihren Namen Lobosa (s. v. w. Lappenbildner oder Lappinge) verdanken sie der lappenähnlichen Form ihrer Scheinfüßchen. Sie zerfallen in die Ordnungen der Amöbina, die den Typus der einfachen, kernhaltigen, aber noch formlosen Zelle darstellen und keine Schale bilden, und der Arcellina, welche den nackten

Protoplasmaleib teilweise durch eine feste Schale oder selbst durch ein aus Steinchen zusammengeklebtes Gehäuse schützen. Diese Arcellinen kommen besonders im Süßwasser vor und zeigen mitunter eine sehr zierliche Schalenwandung, so z. B. die Quadrula, bei der die Schale aus quadratischen Blättchen zusammengesetzt ist.


Bakterienmassen in faulendem Sumpfwasser.

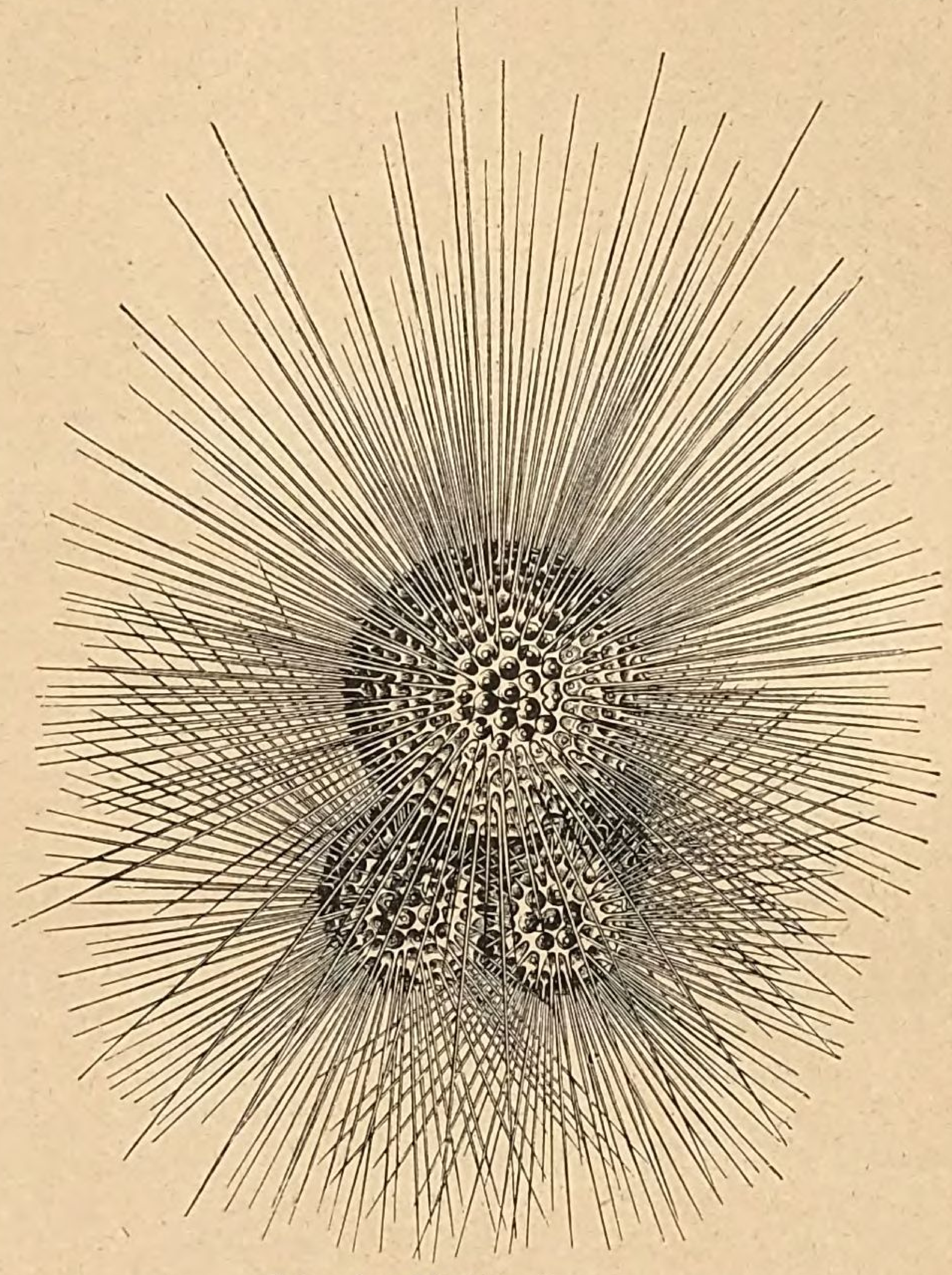
Die Mycetozoen, Schleimpilze oder Pilztiere leben meistens auf faulenden organischen Substanzen, nur in seltenen Fällen auch als Parasiten (Schmarotzertiere). Ihr vegetativer Teil ist eine nackte Protoplasmamasse und erlangt oft ansehnliche Größe, wie dies z. B. bei der bekannten Lohblüte der Fall ist, die auf der Gerberlohe ansehnliche Strecken mit ihren gelben Plasmamassen überzieht. In den Muskeln der Schweine hat man solche Pilztiere als Parasiten gefunden und wahrscheinlich sind sie im Körper mancher Tiere ziemlich verbreitet; doch sind die Untersuchungen in dieser Richtung noch lange nicht zum Abschlusse gediehen.

Die Heliozoen oder Sonnentierchen kommen in unseren Flüssen und Teichen häufig vor; ihre Größe schwankt zwischen einer Anzahl von Hundertstel- und einer solchen von einigen Zehntel-Millimeter Durchmesser. Von der Außenschicht ihrer Leibesmasse gehen kieselige, strahlenartige Ansätze aus, wie unsere nebenstehende Abbildung dies erkennen läßt. Diese Strahlen setzen sich nach dem Innern des Körpers zu fort und bilden dessen Gerüst. Die Scheinfüße dringen, von der weichen Leibesmasse innerhalb des Kieselgehäuses ausgehend, durch dieses letztere in gleicher Richtung wie die Kieselstrahlen nach außen. Da diese Strahlen mitunter bis ein Fünftel mm Länge erreichen, so kann man, wenn man ein Glas mit abgestandenem Teichwasser füllt, die darin enthaltenen Sonnentierchen als weiße Pünktchen selbst mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen.


Sonnentierchen.

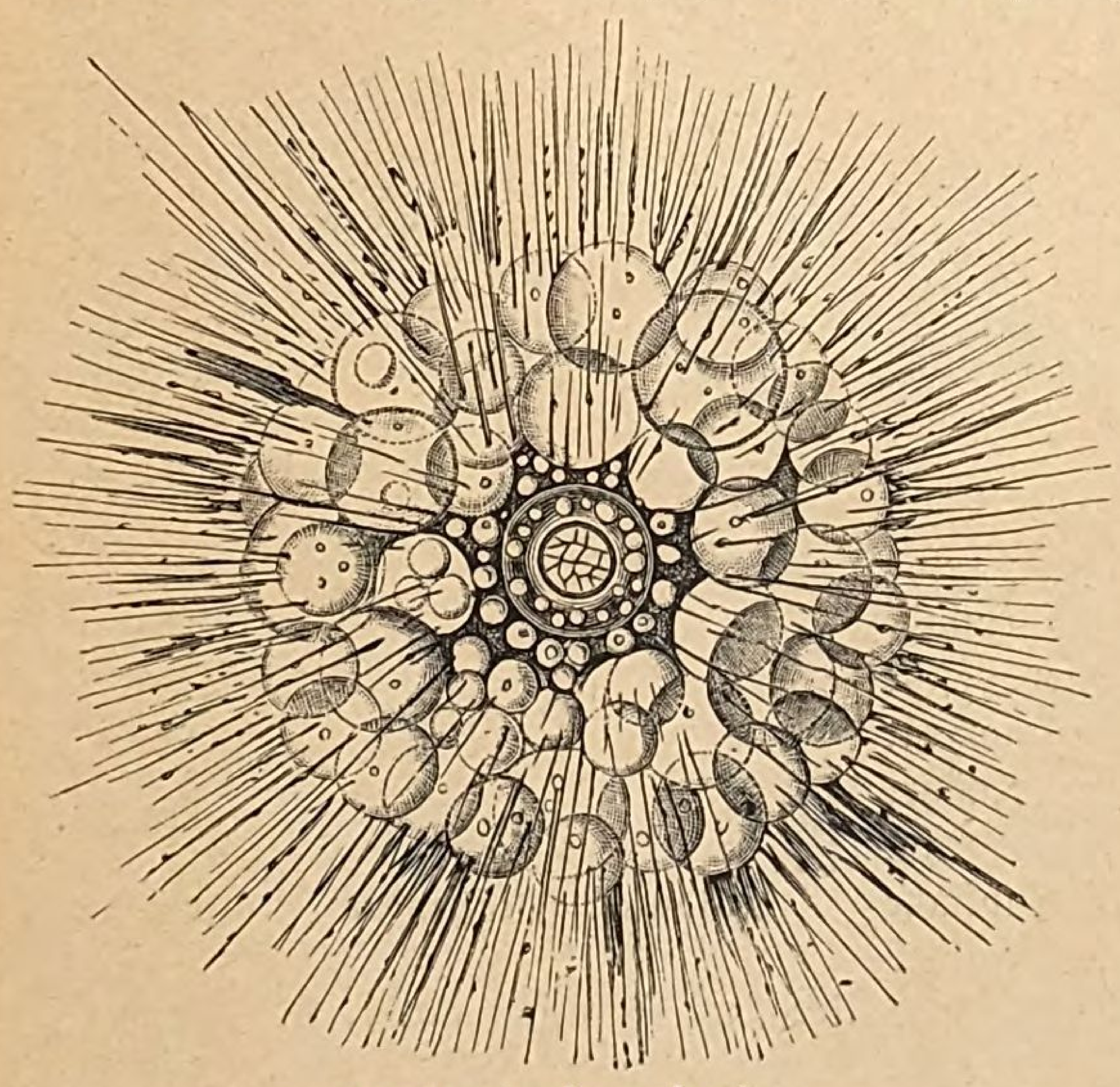
Von den Strahlingen oder Radiolarien ist schon wiederholt die Rede gewesen. Der Körper dieser Protozoen ist von verhältnismäßig komplizierter Natur. Zunächst findet sich, wie Braß schreibt, central eine häutige größere Kapsel, die als Centralkapsel bezeichnet wird; in derselben ist ein schleimiges zähes Plasma, in welchem sich Bläschen, Körnchen, Fetttropfen, Eiweißkörperchen, unter Umständen auch Krystalle u. s. w. finden. Meist liegt in dieser Centralkapsel noch eine zweite Kapsel eingeschaltet; dieselbe ist dünnwandig und im Centrum des gesamten Körpers gelegen. Sie wird als „Binnenblase“, ihr Inhalt als „Binnenplasma“ bezeichnet. Man darf denselben wohl als Kern auffassen. Nach neueren

Beobachtungen besteht dieser aus einer größeren Zahl kleiner, neben einander gelagerter Teile. Die Centralkapsel bildet sich bei den meisten Radiolarien schon sehr früh und erhält sich während ihrer ganzen Lebensdauer. Bei einigen tritt sie aber erst bei Erreichung des Reifezustandes und unmittelbar vor der Fortpflanzung auf. In der Centralkapsel liegt das Centralorgan, der Kern des einzelligen Tierchens. Die Fortpflanzung erfolgt, indem sich der Plasmainhalt in Gestalt ovaler Gebilde um Kernkörperchen legt, die eine Umhüllung und an einem ihrer Enden ein langes Wimperhaar entwickeln. Schließlich wird die mütterliche Centralkapsel zersprengt und ihr Inhalt zerfällt in Schwärmsporen.



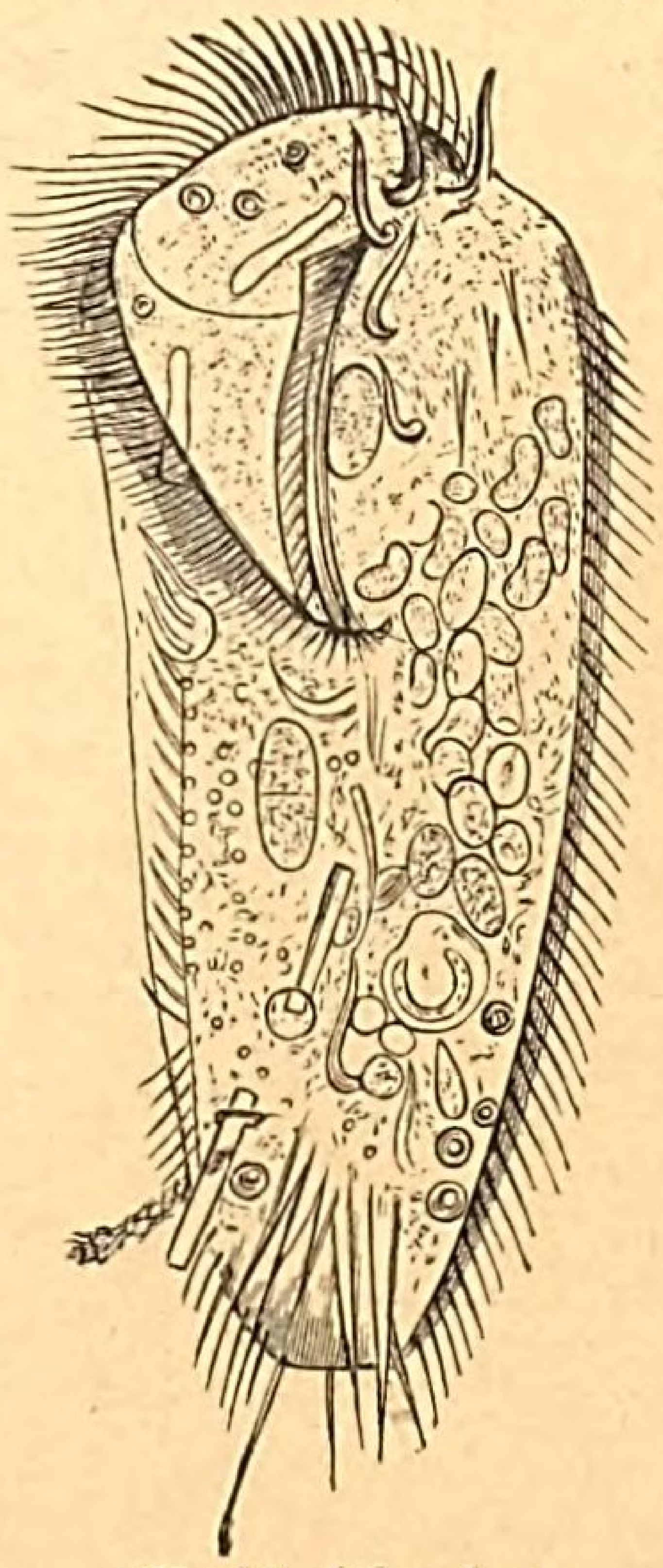
Lebende Globigerine.

Die Lebensfunktionen der Radiolarien zeigen manches Merkwürdige. Schweiger-Lerchenfeld schreibt darüber: Bei der oberflächlichen Betrachtung dieser Mikroorganismen würde man schwerlich ohne weiteres darauf kommen, auf welche Weise dieselben die Lebensfunktionen bethätigen. Die Kapselhaut der Radiolarien ist nämlich entweder von einer großen Anzahl **feinster** Oeffnungen durchbohrt, oder hat einige wenige größere, von denen eine weit stärker entwickelt ist, als die übrigen es sind. Durch diese Lücken tritt das Binnenplasma mit dem Außenplasma in verbindenden Zusammenhang. Das Außenplasma aber vermittelt alle Beziehungen des Tierchens zur umgebenden Welt: durch dasselbe vollzieht sich Empfindung, Bewegung, Atmung und Ernährung, außerdem bilden sich in ihm die wesentlichsten Schutzvorrichtungen in Gestalt des Skelettes. Das eigentümlichste Detail dieses letzteren sind die Gitterungen und die festen Stacheln, zwischen welche zahllose feine Plasmafortsätze nach außen hervorragen. In den Plasmastrahlen findet eine immerwährende Bewegung der in der Grundsubstanz enthaltenen Körnchen



Thalassicola pelagica.

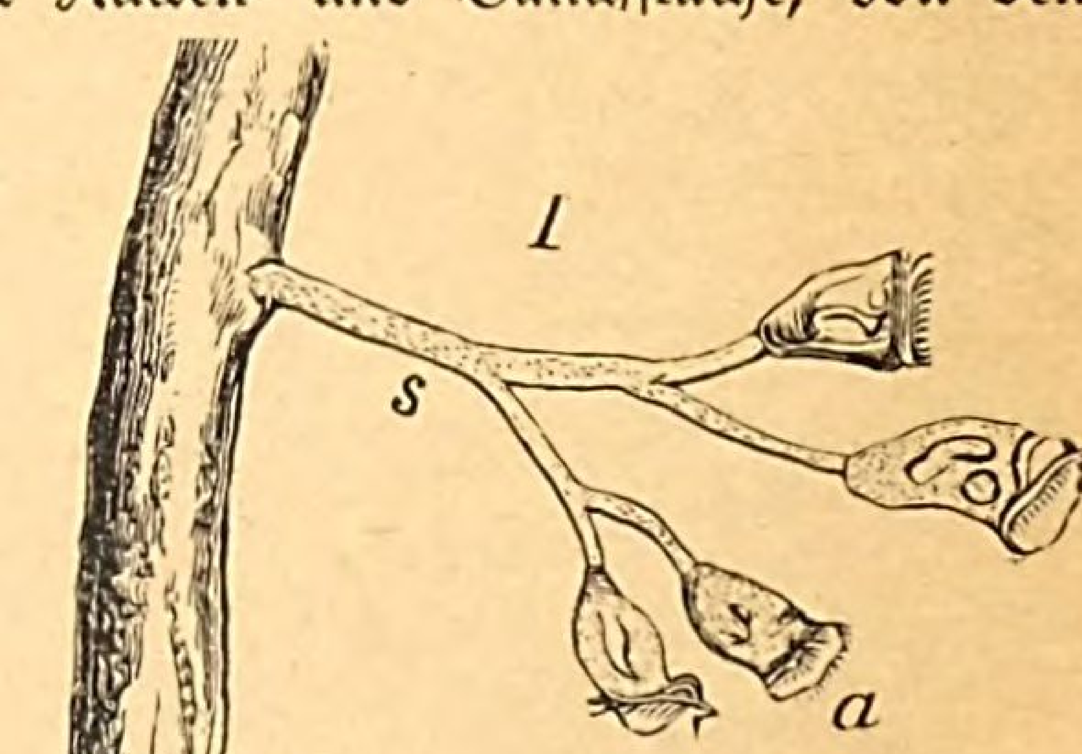
statt, welche zweifellos mit den Lebensfunktionen des Tierchens zusammenhängen.“ — Von der außergewöhnlichen Zierlichkeit der Kieselsäure-Schalen mancher Formen unter den Radiolarien ist es schwer, vermittelst der zeichnerischen Wiedergabe einen Begriff zu geben.



Muscheltierchen.

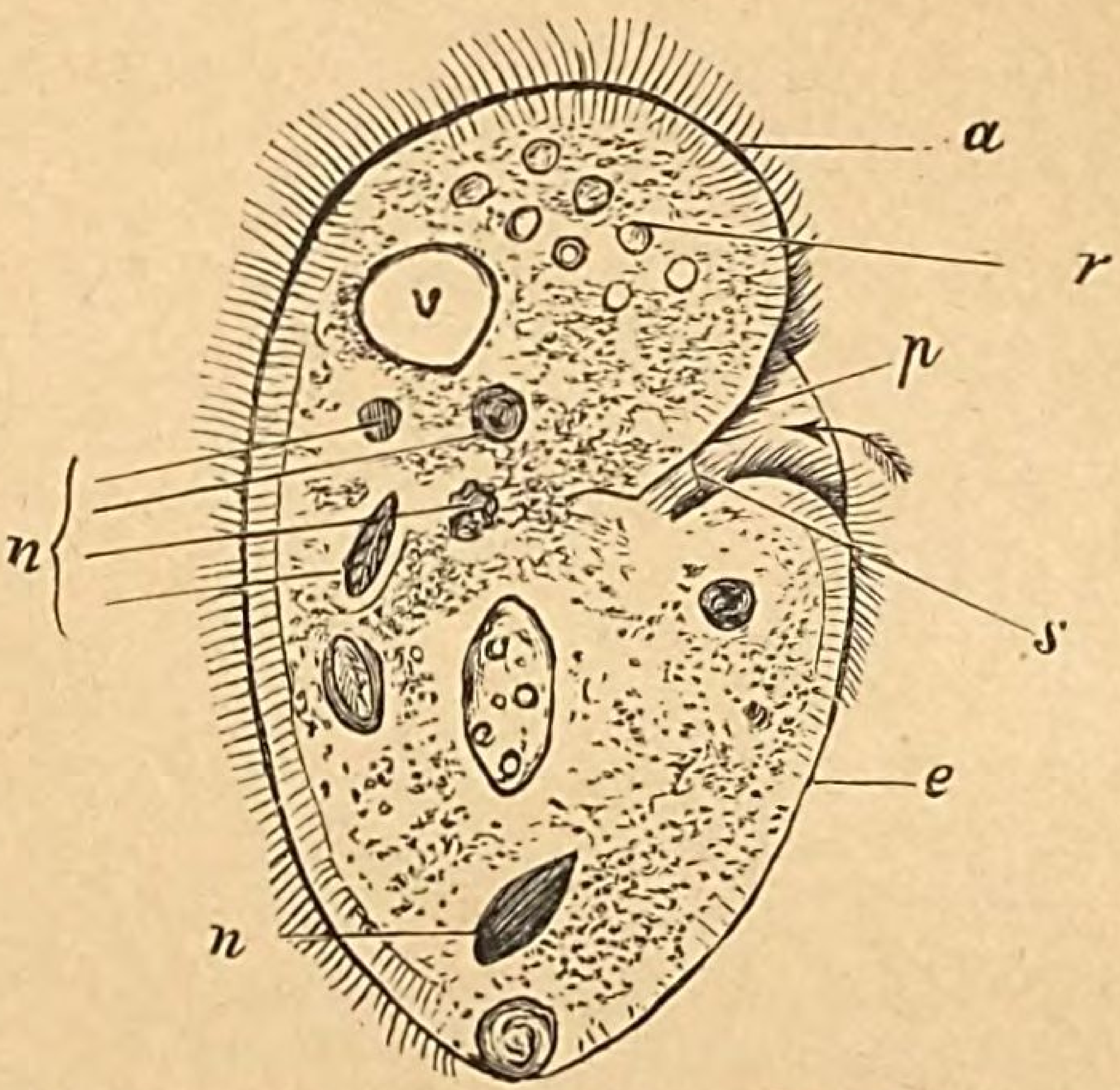
Bedenkt man, wie winzig diese Tierchen sind und daß selbst vielhundertfache Vergrößerungen dem Baue seine Zierlichkeit nicht nehmen, so kann man sich ungefähr eine Vorstellung von der kunstvollen Struktur des Originals bilden. Bei der sternförmigen Art Actinoma asteracanthion ist beispielsweise bemerkenswert, daß mehrere Kugelschalen förmlich „ineinandergeschachtelt“ sind und die einzelnen durchlochten Kugeln von gemeinsamen „Stützen“, großen Strahlen, festgehalten werden; außerdem ist die äußere Schale noch mit zahlreichen feinen Stacheln besetzt. Die auf S. 493 in sehr starker Vergrößerung abgebildete Thalassicola pelagica stellt eine nackte Radiolarie dar.

Außerordentlich formenreich ist die Hauptklasse der Infusionstierchen, welcher diejenigen Urtiere angehören, die sich durch den Besitz von beständigen Flimmerhaaren auszeichnen. Von ihren Unterklassen tragen die Flagellaten oder Geißelinfusorien selten mehr als eine bis zwei lange Geißeln, die Klasse der Ciliaten dagegen zahlreiche kurze Wimpern (Cilien), für die Klasse der Acineten aber ist die Bewimperung eine Jugendform, an deren Stelle sich später eigentümliche Saugröhren entwickeln. Nach einer anderen Einteilung zerfallen die Infusorien in die zwei großen Unterklassen der Ciliaten und der Suctorien. Erstere teilt man auch noch in die vier Ordnungen der Holotrichen mit gleichmäßiger Wimperbedeckung, der Heterotrichen mit einer deutlichen adoralen Wimperzone, der Hypotrichen mit scharf geschiedener Rücken- und Bauchfläche, von denen meist nur die letztere, auf der auch der Mund liegt, bewimpert ist (hierher gehört das obenstehend abgebildete Muscheltierchen), endlich der Peritrichen mit drehrundem oder glockenförmigem Leib und adoraler Wimperscheibe, häufig auch einem ringförmigen Wimpergürtel. Diesen vier Ordnungen werden die Suctorien, die meist unbewimpert sind und als Saugröhren dienende Fortsätze haben, als fünfte Ordnung gegenübergestellt. Von den Wurzelfüßern unterscheiden sich die Infusorien durch die feste, äußere Haut, die ihnen eine bestimmte Körpergestalt giebt. Der Zellkern sitzt im Innern des von der Zellmembran umgebenen Protoplasmas, das meistens auch eine pulsierende Vacuole enthält. Eine Oeffnung in der Zellmembran dient als Mund und führt direkt in die Leibessubstanz hinein; eine andere befördert die unverdaut gebliebenen Nahrungsreste wieder aus dem Körper hinaus. Dieser besitzt aber keineswegs einen besonderen Verdauungsapparat und eben so wenig eine Leibeshöhle, sondern ernährt sich ganz in derselben Weise, wie sie bereits beim Moner beschrieben wurde, nämlich durch einfache unmittelbare Aufnahme des Nahrungsstoffes in das Protoplasma. Ihren Namen verdanken die Infusionstierchen (Infusion lat. s. v. w. Aufguß) dem Umstande, daß man sie oft in überaus großer Zahl entstehen sah, wenn man pflanzliche



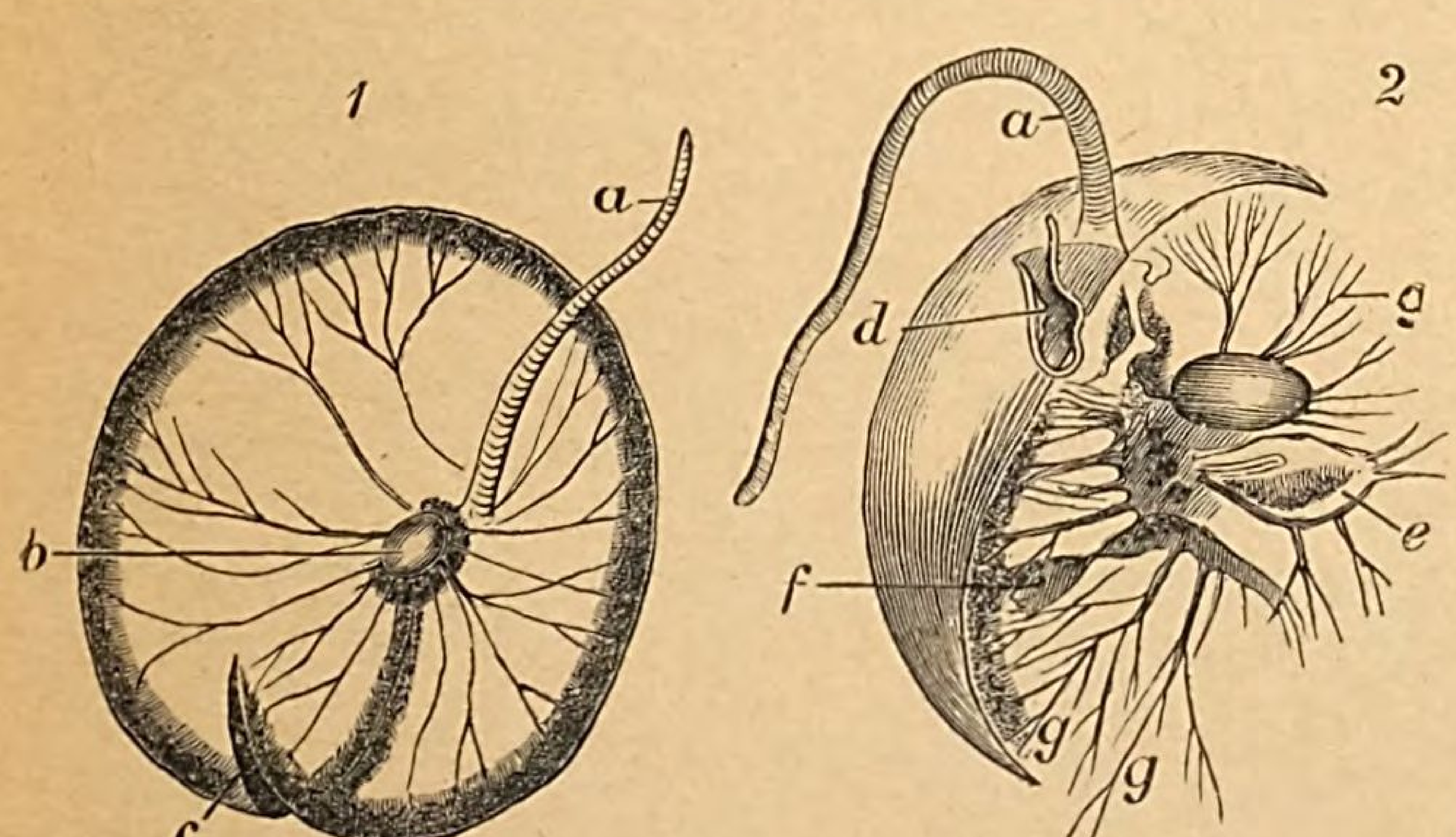
Kolonien festsitzender Infusorien.

oder tierische Reste mit Wasser übergoß und an einen warmen Ort stellte. Der Entdecker der Infusorien war Leeuwenhoek (um 1670); er selbst und alle späteren Forscher bis auf Christian Gottfried Ehrenberg (1795—1876) hatten keine Ahnung von der einzelligen Natur dieser Lebewesen, sondern hielten sie für vollständig organisierte Tiere, und Ehrenberg vereinigte unter dem Namen Infusorien alle mikroskopischen Wasserbewohner. Erst durch spätere Untersuchungen wurde die wahre Natur der Infusorien erkannt und die Ausscheidung fremder Formen aus dem in der Systematik ihnen zugewiesenen Bereiche vorgenommen. Wir haben in der Magosphaera planula ein interessantes Lebewesen aus dieser Hauptklasse bereits kennen gelernt. Auch die S. 494 abgebildeten Ciliatenformen finden in dem baumförmigen Zellverein des Carchesium polypinum auf Seite 487 ein Seitenstück. Fig. I stellt die Epistylis operculata mit dem auf einem Pflanzenstengel festsitzenden starren Stiele s dar, an dessen Nebenzweigen die einzelnen Infusorien a festsitzen. In Fig. II sehen wir eine auf getrennte Stiele verteilte Kolonie der Vorticella (b); von den Stielen s sehen wir einen spiralig gedreht, c stellt ein von der Kolonie losgelöstes Einzeltier dar. Das Leibesinnere der Infusorien zeigt einen oder mehrere Kerne, die von einem differenzierten Plasma umgeben sind. Eine körnige Schicht lagert sich um das Kernplasma, und man nimmt an, daß diese zur Aufnahme der Nahrung in der Weise diene, daß die darin enthaltenen Körner in Vorrat aufgespeichertes Nahrungsmaterial darstellen. Den übrigen Raum der inneren Leibesmasse füllen Zellschichten aus, die aus der obenstehenden schematischen Darstellung ersichtlich sind. Wir erkennen in a den Flimmerhaarbesatz des Infusoriums, dessen Hülle bei e markiert ist; p stellt die Mundöffnung mit dem Schlund s dar. Bei n sehen wir die im Innern der Leibesmasse enthaltenen Nahrungsballen, bei r bereits umgewandelte Reservenahrung; v ist eine zusammenziehbare Vacuole.



Infusorium in schematischer Darstellung.

Gleich allen einzelligen Lebewesen findet auch bei den Infusorien die Fortpflanzung durch Teilung statt; doch giebt es auch Formen, die sich durch Konjugation vermehren. Dieser Vorgang kann unter dem Mikroskop beobachtet werden und besteht darin, daß zwei Infusionstierchen sich gegenseitig mehrmals umkreisen, wobei sie sich einander immer mehr nähern und schließlich, Mund an Mund gedrückt, aneinander eine Zeit lang festhaften, worauf sofort die Vervielfachung des Körpers eintritt. Bei manchen Infusorien kommt auch die Fortpflanzung durch Knospung vor, und zwar ist dies bei den festsitzenden Infusorien der Fall. Hier teilt sich zunächst der Zellkern in der bekannten Weise; es lagert sich ein Teil des



Meerleuchte (Noctiluca miliaris).

1. Ansicht von oben. 2. Optischer Durchschnitt: a Geißel; b Kern; c Furche der Oberfläche; d Zahnförmiger Fortsatz; e, f Protoplasma-Ansammlungen; g Protoplasma-Stromfäden.

Plasma um den abgetrennten Kernteil und tritt nebst diesem nach außen, wodurch eine Aufstülpung entsteht. Damit ist die Knospenbildung vollendet; durch die Zusammenziehung der Stiele wird die Vorbedingung zur Bildung weiterer Sprossen geschaffen, die dann entweder im Zusammenhange mit dem Stammindividuum bleiben, oder von demselben sich loslösen (wie unsere Fig. IIc auf S. 494 zeigt), eine Zeit lang in freier Bewegung verharren und schließlich auf einem günstigen Standorte sich festsetzen, um einen neuen Stamm zu begründen.

Von den drei Klassen der Infusorien sind die Flagellaten deshalb besonders interessant, weil sie mit derjenigen der Mastigoten, die zu den Urpflanzen zählen, in vielen ihrer Arten die auffallendste Aehnlichkeit zeigen, sowohl hinsichtlich der äußeren Gestalt und des inneren Baues, als auch in Bezug auf Lebensweise und Fortpflanzung. Der einzige wesentliche Unterschied der beiden Klassen liegt in der Verschiedenheit des Stoffwechsels: die Mastigoten besitzen, wie Häckel hervorhebt, die Fähigkeit Plasma zu bilden und gleichen darin allen grünen Pflanzen, mit denen sie auch die Ernährungsweise gemein haben, wogegen die Flagellaten Plasma von anderen Organismen zu ihrer Ernährung entnehmen. Unsere Abbildung auf S. 495 unten zeigt eine der interessantesten Arten dieser Klasse, eine jener Meerleuchten, die namentlich in den tropischen Meeren das schöne Naturschauspiel veranlassen, dem sie ihren Namen verdanken.

Während Flagellaten und Ciliaten sich durch lebhafte Bewegung auszeichnen, sitzen die der dritten Infusorienklasse angehörigen Acineten meist starr und steif im Wasser fest und strecken ihre steifen haarfeinen Saugröhren aus, um damit den Körpersaft anderer Protisten in sich aufzunehmen.

Wir haben nun die niedrigste Lebewelt und ihre Grundform, die Zelle, in ihren Hauptzügen kennen gelernt. Tiefer herab können wir nicht steigen, um den Ausgangspunkt alles organischen Lebens auf dem Boden der bestehenden Thatsachen zu finden, denn jener bildungsfähige Urstoff, der die Grenze bilden soll zwischen den niedrigsten Lebewesen und der anorganischen Welt, besteht nur auf dem Boden der Hypothese — er ist von großer wissenschaftlicher Wahrscheinlichkeit, aber darum noch keine wissenschaftliche Wahrheit. Nicht minder schwierig erscheint es indes, von der tiefsten Stufe des Lebens, die uns die Natur selbst enthüllt, den Weg nach aufwärts zu finden und bis zu den höchsten Organismen, die wir kennen, Schritt für Schritt zu verfolgen; denn nicht bloß eine, sondern eine beträchtliche Vielzahl von Hypothesen sind erforderlich, um die zahlreichen Lücken und Klüfte zu überbrücken, die diesen Weg unterbrechen. Dem Genie, dem Scharfblick und dem unermüdlichen Eifer der Forscher ist es gelungen, die Spur dieses Weges aufzufinden und Notbrücken über jene Lücken und Klüfte zu legen, denen sich auch der Laie anvertrauen kann, weil sie auf festen Grund ruhen und weil für ihre Zuverlässigkeit die reiche Kenntnis und die Gewissenhaftigkeit ihrer Erbauer Gewähr leistet. So wird es uns durch die Arbeit der Forscher möglich gemacht, den Zusammenhang, der zwischen allen Naturwesen besteht, und den der rote Faden der Entwickelungsgeschichte kennzeichnet, wenigstens in der Hauptsache zu erkennen. Alles in Allem genommen, läßt sich kaum noch mit Vernunftgründen die Thatsache bestreiten, daß die richtige Spur gefunden ist; mögen auch noch zahlreiche Lücken auszufüllen sein, manche vielleicht niemals zur Ausfüllung gelangen, so darf und muß doch der denkende Mensch die Ueberzeugung hegen, daß jenseits dieser Lücken wieder eine kleinere oder größere Strecke der Bahn fix und fertig vor uns liegt, so daß der Zusammenhang des Ganzen nicht mehr zu verkennen ist. Im nächsten Kapitel soll sich uns nun der Plan aufrollen, nach welchem die Wissenschaft sich den Weg der entwickelungsgeschichtlichen Erkenntnis vom Moner bis zum Menschen zu bahnen gesucht hat.

Viertes Kapitel.

Die Entwickelungsreihe der organischen Welt.

Linné, der zuerst versucht hat, die Pflanzen- und Tierwelt in eine systematische Ordnung zu bringen, hat dabei weder die gesamte Organisation noch die Stammverwandtschaft der von ihm aufgestellten Arten berücksichtigt, sondern sich mehr an gemeinsame Merkmale gehalten, die teilweise von völlig äußerlicher Natur waren. Er teilte die Pflanzen in der Hauptsache nach Zahl, Bildung und Verbindung ihrer Staubgefäße in 24, und die Tiere nach der Beschaffenheit des Blutes und des Herzens in 6 Klassen ein, nämlich die der Säugetiere, Vögel, Amphibien, Fische, Insekten und Würmer. Diese Systeme nennt man künstliche, im Gegensatze zu den natürlichen, durch die eben zu vereinigen gesucht wurde, was wirklich zu einander gehörte. Sehr bald sind von verschiedenen Seiten solche natürliche Systeme aufgestellt worden; aber erst mit dem Aufkommen der Entwickelungslehre haben sich diese natürlichen Systeme allgemein Bahn gebrochen, da sie die notwendige Folge dieser Lehre waren. An Stelle des Linnéschen Pflanzensystems war schon am Ende des 18. Jahrhunderts von den beiden Jussieu ein natürliches System aufgestellt worden, dem dann — teils durch Ausführung und Verbesserung der vorgenannten — noch weitere von Decandolle, Robert Brown, Endlicher, A. Braun u. a. folgten. Im Nachstehenden lassen wir die systematische Einteilung des Pflanzenreiches folgen, wie sie Häckel aufgestellt hat:

I. Stammgruppe: **Thalluspflanzen** (Thallophyten):
- 1. Abteilung: Tange oder Algen:
  - 1. Klasse: Grüntange;
  - 2. Klasse: Brauntange;
  - 3. Klasse: Rottange;
  - 4. Klasse: Moostange;
- 2. Abteilung: Pilze:
  - 5. Klasse: Pilze;
  - 6. Klasse: Flechten;

II. Stammgruppe: **Vorkeimpflanzen** (Diaphyten):
- 3. Abteilung: Moose:
  - 7. Klasse: Lebermoose;
  - 8. Klasse: Blattmoose;
  - 9. Klasse: Laubmoose;
- 4. Abteilung: Farne:
  - 10. Klasse: Laubfarne;
  - 11. Klasse: Wasserfarne;
  - 12. Klasse: Schaftfarne;
  - 13. Klasse: Schuppenfarne;

III. Stammgruppe: **Blumenpflanzen** (Phanerogamen):
- 5. Abteilung: Nacktsamer (Gymnospermen):
  - 14. Klasse: Farnpalmen;
  - 15. Klasse: Nadelhölzer;
  - 16. Klasse: Meningos;
- 6. Abteilung: Decksamer (Angiospermen):
  - 17. Klasse: Einkeimblätterige (Monokotyledonen);
  - 18. Klasse: Zweikeimblätterige (Dikotyledonen).

Für das Tierreich hat Georg Cuvier an Stelle der Linnéschen sechs Klassen deren vier gesetzt, die aber für ihn nicht bloß die äußerliche Bedeutung des systematischen Formalismus hatten, sondern an die Abweichungen im Bauplane der verschiedenen Klassen

32

untereinander sich anschlossen. Gleichzeitig mit Cuvier hatte der deutsche Zoologe Karl Ernst v. Baer (1792—1876) die Ansicht ausgesprochen, daß das Tierreich sich in Hauptgruppen teile, von denen jede einen besonderen, von den übrigen gänzlich oder völlig verschiedenen Bau aufweise. Cuvier verfolgte bei der Aufzählung seines Systems einfach die von der vergleichenden Anatomie vorgezeichneten Wege; Bär dagegen drang etwas tiefer in die Sache ein und glaubte den Grund dieser Verschiedenheiten der Typen in dem Entwickelungsgange der einzelnen Individuen suchen zu sollen, womit sein Gedankengang bereits Anlehnung an die moderne, auf die Entwickelungslehre beruhende Naturanschauung gewann, ohne indes bis zu dieser vorzudringen. Die auf Grundlage der Typentheorie von Cuvier 1812 vorgenommene Einteilung des Tierreichs umfaßt vier große Abteilungen oder Kreise, nämlich:

1. Die Wirbeltiere (Vertebrata), welche die vier ersten Klassen des Linnéschen Systemes, die Säugetiere, Vögel, Amphibien und Fische umfaßt;

2. Die Gliedertiere (Articulata), die neben den Insekten und Tausendfüßen, Spinnen und Krebsen Linnés noch die gegliederten Würmer in sich schließt;

3. Die Weichtiere (Mollusca), umfassend die Kopffüßer (Kraken, Schnecken, Muscheln u. a.);

4. Die Strahltiere (Radiata), im Gegensatze zu den anderen Typen, deren Körper zwei symmetrische Seitenhälften aufweist, aus mehreren (in der Regel 4—6) Gegenstücken zusammengesetzt sind, die sich um eine gemeinschaftliche Hauptachse gruppieren. Während bei den drei ersten Kreisen die natürliche Zusammengehörigkeit der darin begriffenen Arten in die Augen fällt, konnte die Zusammenstellung des vierten Kreises auf wissenschaftliche Begründung keinen Anspruch erheben, und schon 1848 wurde durch Leuckart nachgewiesen, daß die in dieser Hauptabteilung vereinigten Sterntiere (Echinoderma) und Pflanzentiere (Coelenterata oder Zoophyta) völlig verschiedene Typen darstellen. Als eine besondere Gruppe hatte schon vorher Siebold die niedrigsten, nur aus einer Zelle bestehenden Tiere, Infusorien und Wurzelfüßer (Rhizopoden) miteinander zu dem Kreise der Urtiere (Protozoen) vereinigt, dagegen aus den Artikulaten zwei Gruppen gebildet, von denen die eine die mit gegliederten Beinen versehenen Gliederfüßer (Arthropoda), die andere die fußlosen oder mit ungegliederten Füßen versehenen Würmer (Vermes), und zwar sowohl die mit gegliedertem Körper versehenen Ringelwürmer, als auch die ungegliederten Rund-, Blatt- und andere niedere Würmer umfaßt. Die Manteltiere (Tunicata), die früher bald zu den Weichtieren, bald zu den Würmern gestellt wurden, werden jetzt ebenfalls als selbständige Hauptgruppe des Tierreiches angesehen, so daß die Zahl der Typen im Ganzen acht beträgt, die sich in folgende Klassen teilen:

I. Kreis: **Urtiere** (Protozoa):
  1. Klasse: Sarkodetierchen (Sarcodina);
  2. Klasse: Sporentierchen (Sporozoa);
  3. Klasse: Geißeltierchen (Mastigophora);
  4. Klasse: Aufgußtierchen (Infusoria);

II. Kreis: **Pflanzentiere** (Zoophyta):
  1. Klasse: Schwämme (Spongiae);
  2. Klasse: Korallentiere (Anthozoa);
  3. Klasse: Quallenpolypen (Polypomedusae);

III. Kreis: **Sterntiere** (Echinoderma):
  1. Klasse: Seesterne (Asteriae);
  2. Klasse: Seelilien (Crinoida);
  3. Klasse: Seeigel (Echinida);
  4. Klasse: Seegurken (Holothuriae);

IV. Kreis: **Würmer** (Vermes):
  1. Klasse: Plattwürmer (Plathelminthes);
  2. Klasse: Rundwürmer (Nemathelminthes);

3. Klasse: Moostiere (Bryozoa);
4. Klasse: Rädertiere (Rotatoria);
5. Klasse: Sternwürmer (Gephyrea);
6. Klasse: Ringelwürmer (Annelida);

V. Kreis: **Gliederfüßer** (Arthropoda):
1. Klasse: Krebs- oder Krustentiere (Crustacea);
2. Klasse: Spinntiere (Arachnoidea) mit den Ordnungen der Gliederspinnen, echten oder Webspinnen, Milben, Bärentierchen und Zungenwürmer;
3. Klasse: Krebs- oder Asselspinnen (Pantopoda);
4. Klasse: Tausendfüßer (Myriopoda) mit den Ordnungen der Einpaar- oder Lippenfüßer und der Zweipaarfüßer;
5. Klasse: Insekten oder Kerbtiere (Hexapoda) mit den Ordnungen der Schnabelkerfe (Halbflügler, Wanzen), Geradflügler (Schrecken), Netzflügler, Zweiflügler, Schmetterlinge, Hautflügler (Immen) und Käfer (Dickflügler);

VI. Kreis: **Weichtiere** (Mollusca):
1. Klasse: Muscheln (Conchae);
2. Klasse: Schnecken oder Bauchfüßer (Gastropoda);
3. Klasse: Flossenfüßer (Pteropoda);
4. Klasse: Kopffüßer (Cephalopoda);
5. Klasse: Armfüßer (Brachiopoda);

VII. Kreis: **Manteltiere** (Tunicata):
1. Klasse: Sacktiere (Ascidiae);
2. Klasse: Salpen (Salpae);
3. Klasse: Appendicarien (Copelata);

VIII. Kreis: **Wirbeltiere** (Vertebrata):
1. Klasse: Fische (Pisces) mit den Ordnungen der Röhrenherzen (Schädellosen), Rundmäuler, Urfische, Schmelzschupper, Knochenfische und Lurchfische;
2. Klasse: Lurche (Amphibia);
3. Klasse: Kriechtiere (Reptilia);
4. Klasse: Vögel (Aves) mit den Reihen der Kurzflügler, Schwimmvögel, Drehvögel, Stelzvögel, Tauben, Fangvögel, Paarzeher und Baumvögel;
5. Klasse: Säugetiere (Mammalia) mit den beiden Unterklassen der Aplacentalia und Placentalia*), von denen die erstere in die Ordnungen der Kloakentiere und Beuteltiere, die letztere in die Ordnungen der Zahnarmen, Wale, Seekühe, Huftiere, Nager, Insektenfresser, Handflatterer, Halbaffen, Raubtiere, Affen und Menschen zerfällt.

Auf die besonderes Interesse beanspruchenden Einzelheiten der beiden Systeme kommen wir in den beiden nächsten Abschnitten noch des näheren zurück; an diesem Orte soll nur kurz angegeben werden, in welcher Weise die der organischen Welt angehörigen Naturwesen in eine einheitliche Entwickelungsreihe gebracht werden können. Die ausführlichsten Arbeiten auf diesem Gebiete hat Ernst Häckel geliefert, der nicht nur einen Stammbaum der organischen Welt im Ganzen, sondern auch solche für die einzelnen Abteilungen und Klassen aufgestellt, dazu aber wiederholt bemerkt hat, daß er diesen Stammbäumen nur einen

*) Placenta, s. v. w. Fruchtkuchen, der Ernährungsapparat für die in der Entwickelung begriffene Leibesfrucht (Embryo). Die mit einem solchen Apparat versehenen Säugetiere heißen Placentaltiere im Gegensatz zu den aplacentalen, denen derselbe fehlt.

„heuristischen" Wert beimessen d. h. dieselben lediglich als Leitfaden zur Auffindung der entwickelungsgeschichtlichen Wahrheit betrachten könne. Das organische Urwesen ist das Moner, aus dem sich als erste Entwickelungsstufe einerseits die einzelligen Urpflanzen (Protophyten), andererseits die ebenfalls einzelligen Urtiere (Protozoen) entwickelt haben. Diese bilden zusammen das Protistenreich. Aus den Urpflanzen (Protophyta) haben sich in gerader Linie die Moose, Farne, Nacktsamer und Decksamer entwickelt, während als Seitenzweige einerseits die Rot- und Brauntange, andererseits die Pilze und aus diesen die Flechten sich entwickelten; alle diese, sowie ein direkter Seitenzweig der Grüntange, die Moostange, kommen zu keiner weiteren Entwickelung. Für die Urtiere nimmt Häckel als nächste Entwickelungsform die Urdarmtiere (Gasträales) an, in denen er die Vorfahren aller vielzelligen Tierarten erblickt. Seine Gasträentheorie, in der sein Stammbaum für das Tierreich wurzelt, wird zwar vielfach angefochten, ist aber thatsächlich bis zur Stunde noch durch nichts Besseres ersetzt worden. Will man ein Bild von der Entwickelungsreihe des Tierreiches gewinnen, so muß man auch diese Theorie als einstweilen maßgebend anerkennen, weil sonst in der Entwickelungsreihe ein Glied fehlen würde, das nicht anderweitig ersetzt werden kann. Häckel leitet von den Urdarmtieren einerseits die Pflanzentiere, andererseits die Wurmtiere ab und läßt diese letzteren wieder in einen Haupt- und zwei Nebenzweige sich teilen. Aus letzterem läßt er die Weich- und Gliedertiere einerseits, die Sterntiere andererseits sich entwickeln; aus dem Hauptzweige der Wurmtiere aber leitet er die Wirbeltiere ab, von denen die Manteltiere einen verkümmerten Zweig darstellen.

Eine Streitfrage, deren Austragung noch in der Zukunft liegt, ist diejenige, ob der Ursprung der einzelnen Klassen und Arten der Lebewesen ein monophyletischer oder ein polyphyletischer sei, d. h. ob die Entwickelung von irgend einer Art zu einer anderen höheren in einem einzigen Stamme (Phylum) vor sich gegangen ist, oder ob dieselbe in mehreren stattgefunden hat. Häckel hat über diese Frage in einem zum 70. Geburtstage Darwins erschienenen Hefte der Zeitschrift „Kosmos" eine Abhandlung veröffentlicht, der wir zur Orientierung des Lesers das Hauptsächlichste in Folgendem entnehmen.

Wir sind, wie das schon an anderer Stelle erwähnt und begründet worden ist, zu der Annahme genötigt, daß die ältesten Organismen unseres Erdballs, mit denen das Leben auf demselben begann, Moneren waren, „Organismen ohne Organe". Vergegenwärtigen wir uns nun — so weit das überhaupt hypothetisch möglich ist — die eigentümlichen Bedingungen, unter denen vor vielen Millionen Jahren solche Moneren zum erstenmal durch Autogonie entstanden, so sprechen keinerlei Gründe für die Annahme, daß dieser bedeutungsvolle Ursprungsprozeß nur einmal stattfand, daß nur an einem Orte und zu einem bestimmten Zeitpunkte einmal ein Moner autogon (d. h. durch Selbst- oder Urzeugung) entstand, welches der gemeinsame Stammvater aller tellurischen Organismen wurde. Vielmehr ist es höchst wahrscheinlich, ja wir dürfen sagen fast sicher, daß solche Urzeugungs-Akte von Moneren sich vielmals wiederholten, daß viele verschiedene Moneren-Arten — nur in der absoluten Einfachheit ihres organlosen Organismus übereinstimmend, in Bezug auf spezielle chemische Zusammensetzung ihres strukturlosen Plasson-Leibes aber mannigfach verschieden — an vielen Orten und zu vielen Zeiten wiederholt durch Autogonie entstanden. — Ja, wahrscheinlich haben sich diese Autogonie-Akte sogar unendlich oft wiederholt und möglicherweise dauern sie ununterbrochen von den ältesten Zeiten bis auf den heutigen Tag fort. Das ist die Ansicht vieler biologischer Autoritäten, die sich mit dieser schwierigen und dunklen Frage beschäftigt haben.

Zahlreiche, vielleicht unzählige Moneren sind, unabhängig von einander, durch Autogonie aus unorganischen Verbindungen entstanden; einzelne oder viele von ihnen sind die ältesten Stammformen aller übrigen Organismen geworden.

Die organische Zelle kann anfänglich nur aus Moneren entstanden sein. Erst dadurch, daß sich die strukturlose, weiche, eiweißartige Leibesmasse der Cytoden in zwei verschiedene Substanzen sonderte, erst dadurch, daß dieses Plasson sich in den innern Zell-

kern und das äußere „Protoplasma“ differenzierte, konnte aus der Cytode die wahre organische Zelle entstehen. Auch dieser wichtige Vorgang wird aller Wahrscheinlichkeit nach sich unendlich oft wiederholt haben. Bei unbefangener Erwägung aller hierbei in Betracht kommenden Umstände und Bedingungen dürfen wir daher die Hypothese aufstellen, daß die organische Zelle polyphyletischen, nicht monophyletischen Ursprungs ist.

Das neutrale Reich der einfachen Zellinge, der neutralen Protisten, dessen Angehörige meistens zeitlebens einzellig bleiben (in den weniger zahlreichen Fällen, wo auch der Protistenleib vielzellig wird, bringt er es nicht zur Bildung von morphologischen Urorganen, welche den Keimblättern der Tiere oder der Thallusformation der Pflanzen gleichwertig sind), auch meistenteils sich bloß ungeschlechtlich fortpflanzen, während bei den echten Tieren und Pflanzen die geschlechtliche Fortpflanzung die Regel ist, ist als eine Gruppe von niederen Organismen zu betrachten, welche aus drei verschiedenen Hauptabteilungen besteht, nämlich: 1. phytogone Protisten, welche die ältesten Stammformen des Pflanzenreichs umfassen; 2. zoogone Protisten, welche die ältesten Stammformen des Tierreiches darstellen; 3. neutrale Protisten, vollkommen selbständige Zellinge, welche weder mit dem Tierreich noch mit dem Pflanzenreich irgend eine Stammverwandtschaft besitzen, vielmehr ganz unabhängig von beiden sich historisch entwickelt haben. Zu diesen letzteren gehört nach Häckel die große Mehrzahl aller Protisten, deren einzelne Klassen ebenfalls größtenteils polyphyletischen Ursprunges sein dürften. Denn die sogenannten „Verwandtschaftsbeziehungen“, welche zwischen den verschiedenen, oft sehr zahlreichen Arten einer Protistenklasse bestehen, sind keineswegs mit Notwendigkeit im monophyletischen Sinne als Folgen wahrer Stammverwandtschaft zu deuten, wie es bei den höheren Klassen des Tier- und Pflanzenreichs der Fall ist. Vielmehr ist es sehr leicht möglich, ja in vielen Fällen sehr wahrscheinlich, daß zwei sehr ähnliche Protisten einer Klasse unabhängig von einander entstanden sind, daß zwei Zellen verschiedenen Ursprungs durch Anpassung an ähnliche Existenzbedingungen ähnliche Formen angenommen haben. Nur bei solchen höher entwickelten Protistenklassen, bei denen sich gewisse charakteristische oder „typische“ Organisationsverhältnisse entwickelt haben, wie namentlich bei der Klasse der Radiolarien, der Ciliaten, der Acineten, läßt sich der verwandtschaftliche Zusammenhang der ähnlichen Formen mehr einheitlich, mehr monophyletisch deuten.

Für die meisten Klassen der Pflanzen nimmt Häckel den monophyletischen Ursprung an. Im Pflanzenreich, wie im Tierreich läßt sich, wie er ausführt, die Ursprungsfrage zunächst am leichtesten und ergiebigsten behandeln, wenn wir nicht von den ältesten und niedrigsten Formengruppen ausgehen, sondern vorerst die Verwandtschaftsverhältnisse der jüngeren, höheren und vollkommeneren Klassen betrachten. Denn ebenso bei den Pflanzenklassen, wie bei den Tierklassen treten uns die wahren Beziehungen der Blutsverwandtschaft um so deutlicher und klarer vor Augen, je höher die betreffenden Organismen differenziert sind, je mehr ihr Leib aus zahlreichen und verschiedenartigen Organen in charakteristischer oder typischer Weise zusammengesetzt ist. Sowohl die Keimesgeschichte (Ontogenie) als die Versteinerungslehre (Paläontologie), ganz besonders aber die vergleichende Anatomie (Morphologie) liefern für die höheren und zusammengesetzteren Formen ungleich mehr Beweisstücke von phylogenetischer Bedeutung, als dies bei den niederen und einfacheren Klassen der Fall ist.

Von den drei großen Hauptgruppen (oder „Unterreichen“) des Pflanzenreiches stellt die der Thalluspflanzen (Thallophyta) die niederste, die der Prothalluspflanzen oder Gefäßkryptogamen (Prothallota) eine mittlere, und endlich die der Blumenpflanzen (Phanerogamae) die höchste Stufe der Ausbildung und Vollkommenheit dar. Für die vollkommensten Blütenpflanzen, die Angiospermen (Decksamer) ergiebt sich mit großer Wahrscheinlichkeit ein einstämmiger oder monophyletischer Ursprung. Es besteht die Hauptklasse der Angiospermen aus den zwei Gruppen der Zweikeimblättrigen oder Dikotylen, und der Einkeimblättrigen oder Monokotylen. Die Klasse der Dikotylen (oder „Dikotyledonen“), zu welcher die große Mehrzahl aller Blütenpflanzen gehört, zeigt, trotz der außerordentlichen Mannigfaltig-

keit der hierher gehörigen großen und zahlreichen Pflanzenfamilien, dennoch so viel Uebereinstimmung im wesentlichen Bau der Blüte und Frucht, namentlich aber in der Keimesgeschichte, daß wir sie ohne Widerspruch von einer einzigen gemeinsamen Stammform ableiten dürfen. Dasselbe gilt von der anderen Angiospermenklasse, den Monokotylen (oder „Monokotyledonen"). Aber auch Monokotylen und Dikotylen, unter sich verglichen, erscheinen so nahe verwandt, daß wir für beide ohne Bedenken einen gemeinsamen Ursprung annehmen und sie monophyletisch von einer einzigen gemeinsamen Stammform ableiten können.

Ebenso wie für die gesamten Angiospermen läßt sich auch für sämtliche Gymnospermen ein gemeinsamer Ursprung mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen, denn ihre drei Klassen, Meningos (Gnetacae), Nadelhölzer (Coniferae) und Farnpalmen (Cycadae), sind unter sich ganz nahe verwandt und für jede einzelne derselben läßt sich, wie auch für alle drei zusammen, eine gemeinsame Stammform, eine „Urpflanze" in Goethes Sinn, hypothetisch ziemlich leicht konstruieren.

Schwieriger zu beantworten ist die Frage nach dem einstämmigen Ursprung sämtlicher Blütenpflanzen. Sind — so fragt Häckel — alle Phanerogamen aus einer einzigen Farngruppe hervorgegangen, oder sind Angiospermen und Gymnospermen zwei selbständige, von einander unabhängige Hauptklassen, die aus zwei verschiedenen Farngruppen ihren Ursprung genommen haben? Gewichtige Gründe, teils der vergleichenden Anatomie, teils der vergleichenden Ontogenie entnommen, lassen sich für jede von diesen beiden Ansichten anführen. Nach der ersten Ansicht muß man annehmen, daß die ältesten Phanerogamen aus einer einzigen Farngruppe hervorgegangene Gymnospermen waren, und daß erst später aus einer Gruppe der Gymnospermen die Angiospermen entstanden sind. Es scheint aber nach Häckel neuerdings die Zahl und das Gewicht der Gründe zu wachsen, die für die entgegengesetzte Annahme sprechen. Nach dieser zweiten, polyphyletischen Ansicht muß man sich vorstellen, daß der Stammbaum der Blumenpflanzen zweistämmig ist, und daß die Angiospermen unabhängig von den Gymnospermen von einer anderen Farngruppe abstammen. Dagegen hält Häckel für das Unterreich der „Gefäßkryptogamen" oder Prothalluspflanzen den monophyletischen Ursprung für den wahrscheinlicheren. Die beiden Hauptklassen der Prothalluspflanzen, die Moose und Farne, hängen insofern unzweifelhaft zusammen, als die Farne nicht direkt aus den Thallophyten (Algen) hervorgegangen sein können, sondern jedenfalls eine Moosstufe in ihrer historischen Entwickelung durchlaufen haben müssen; das beweist deutlich ihr moosähnlicher Vorkeim (Prothallium). Nicht nur die fünf Klassen der Laubfarne, Schaftfarne, Wasserfarne, Zungenfarne und Schuppenfarne zeigen, jede für sich betrachtet, trotz ihrer großen Formenmannigfaltigkeit eine so nahe innere Verwandtschaft, daß ihr einstämmiger Ursprung keinem Bedenken unterliegt, sondern sie hängen auch unter sich so innig zusammen, daß sich für die gesamte Hauptklasse der Farne eine gemeinsame Abstammung von einer niederen Moosstammform annehmen läßt, wenn auch für die Annahme, daß die Farnform mehrmals aus der Moosform hervorgegangen sei (daß z. B. die Schaft-, Laub- und Schuppenfarne sich aus drei verschiedenen Moosgruppen entwickelt haben), gewisse Gründe sprechen.

Höchstwahrscheinlich bildet ein Teil der Lebermoose die Stammgruppe aller Moose, aus der sich später einerseits die Laubmoose, andererseits die Farne entwickelt haben. Die Laubmoose unter sich betrachtet, erscheinen sehr nahe verwandt; doch ist es immerhin möglich, daß die verschiedenen Hauptgruppen der Laubmoose unabhängig von einander aus mehreren verschiedenen Stammformen von Lebermoosen entstanden sind. Ebenso ist es wohl möglich, daß die Klasse der Lebermoose vielstämmigen Ursprungs ist, d. h. daß die Lebermoose mehrmals und aus verschiedenen Stammformen von Algen entstanden sind.

Für die meisten Klassen des dritten Unterreichs, der Thalluspflanzen, hält Häckel den monophyletischen Ursprung für den wahrscheinlicheren. Die hierher gehörige Hauptklasse der Algen, aus welcher nicht nur die Fadenpflanzen, sondern auch sämtliche Prothalloten, indirekt mithin auch die Blütenpflanzen abzuleiten sind, hat durch lange Zeiträume das Pflanzenreich als dessen Stammgruppe vertreten. Die andere hierher gehörige Haupt-

klasse der Fadenpflanzen, welche aus den beiden Klassen der Flechten und Pilze besteht, ist, wie Häckel ganz besonders betont, phylogenetisch vom höchsten Interesse. Die Flechten sind nichts weiter als eine Algenklasse, welche durch parasitische Pilze in eigentümlicher Weise umgebildet worden ist. Der schmarotzende Pilz und seine Wohnpflanze, die Alge, sind so innig mit einander verwachsen und haben sich gegenseitig so mächtig beeinflußt, daß daraus ein neues Doppelwesen, die charakteristische Vegetationsform der Flechte entstanden ist. Und was das Merkwürdigste ist, diese Schmarotzerpilze sind, gleich allen anderen Pilzen, eigentlich gar keine echten Pflanzen. Denn allen Pilzen fehlt der wichtigste Bestandteil der organischen Zelle, der in keiner echten Pflanzenzelle und Tierzelle — in erster Jugend wenigstens — fehlt: der Zellenkern; die eigentümlichen fadenförmigen Schläuche, aus denen sich der Körper aller Pilze aufbaut, die sogenannten „Hyphen“ (vergl. S. 460), sind kernlose Cytoden, keine echten, kernhaltigen Zellen. Wir müssen daher die Pilze eigentlich als eine besondere Klasse von neutralen Protisten, nicht von echten Pflanzen betrachten, um so mehr als die ganze Ernährung und der Stoffwechsel der Pilze diese eher in das Tier- als in das Pflanzenreich verweisen. Gleich vielen anderen Protistenklassen sind die Pilze wahrscheinlich polyphyletischen Ursprungs. Ebenso haben wahrscheinlich auch die meisten Algenklassen einen vielstämmigen Ursprung. Wahrscheinlich sind viele Algengruppen ursprünglich, unabhängig von einander, aus vielen verschiedenen phytogonen Monerengruppen entstanden, und aus verschiedenen einzelligen Stammformen sind im Laufe langer Zeiträume teils parallele, teils sich einander nähernde Algengruppen hervorgegangen. Man kann daher für das Pflanzenreich als Ganzes einen polyphyletischen Ursprung annehmen, während für die meisten einzelnen Pflanzenklassen, namentlich alle höheren, eine monophyletische Abstammung das Wahrscheinliche ist.

Den meisten Tierklassen schreibt Häckel einen monophyletischen Ursprung zu. Die viel größere Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit der Organbildung, welche den höheren Tier-Organismus auszeichnet, bedingt natürlich viel verwickeltere und mannigfaltigere Beziehungen zwischen den nahestehenden Klassen, als dies im Pflanzenreich der Fall ist. Den 15 bis 20 Klassen des Pflanzenreiches stehen 40 bis 50 Klassen des Tierreiches gegenüber, und diese letzteren zeigen unter sich größere Verschiedenheiten als jene ersteren. Aber gerade die höhere Differenzierung und Vervollkommnung des Tierkörpers gestattet auf der anderen Seite eine um so eingehendere Vergleichung und Gruppierung der formverwandten Tiergruppen, und erlaubt um so sicherer Schlüsse auf ihren stammverwandtschaftlichen Zusammenhang.

Wie die drei pflanzlichen Unterreiche auch phylogenetisch drei verschiedenen Stufen des Stammbaumes entsprechen, so auch die drei tierischen Unterreiche. Geschichtlich wie morphologisch sind die Typentiere (Weichtiere, Sterntiere, Gliedertiere und Wirbeltiere) aus den Wurmtieren, und diese letzteren aus den Pflanzentieren (den Zoophyten des Protistenreiches) abzuleiten. Während aber die sämtlichen Phanerogamen nur eine einzige einheitliche oder typische Hauptform charakteristischer Organisation repräsentieren, oder höchstens in die beiden Typen der Angiospermen und Gymnospermen zu trennen sind, müssen wir unter den Typentieren mindestens die obengenannten vier grundverschiedenen Typen oder Charakterformen der Organisation unterscheiden.

Jede von diesen vier typischen Tiergruppen oder „Tiertypen“ repräsentiert eine geschlossene Einheit, die unabhängig von den drei anderen ist und selbständig ihren Ursprung aus einer verschiedenen Gruppe von Wurmtieren genommen hat. Jeder der vier Tiertypen umfaßt eine Anzahl von verschiedenen Klassen höherer und niederer Formengruppen. Da nun von diesen fast jede einzelne Klasse eine Anzahl von Tierformen umschließt, die trotz großer äußerer Formenmannigfaltigkeit doch im inneren Bau und der Entwickelung wesentlich übereinstimmen, so ist fast für jede einzelne derselben ein monophyletischer Ursprung, eine Ableitung von einer einzigen gemeinsamen Stammform, beinahe mit Sicherheit anzunehmen. Ebenso sind aber auch die einzelnen Klassen eines jeden Typus unter sich wieder so nahe verwandt, daß eine nahe Stammverwandtschaft derselben untereinander, ein einstämmiger

Ursprung für jeden Typus entweder ganz sicher oder doch höchstwahrscheinlich ist. Jeder „Typus“ erscheint daher, phylogenetisch betrachtet, als ein Stamm (Phyle).

Namentlich bei den Wirbeltieren (Vertebraten), deren Entwickelungsreihe der Mensch selbst angehört, tritt uns die monophyletische Descendenz mit überzeugender Klarheit und Deutlichkeit entgegen. Die völlige Uebereinstimmung aller Wirbeltiere in den wesentlichsten Lagerungs- und Bildungsverhältnissen der inneren Teile, trotz der größten Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der äußeren Form, gestattet nicht, an einen polyphyletischen Ursprung der Vertebraten zu denken. Vielmehr müssen wir annehmen, daß sämtliche Wirbeltiere von einer einzigen gemeinsamen Stammform entsprungen sind. Sämtliche Säugetiere mit Inbegriff des Menschen einerseits, sämtliche Reptilien und deren Abkömmlinge, die Vögel, andererseits, sind aus der Klasse der Amphibien hervorgegangen, welche durch die Dipneusten (Lurchfische) unmittelbar mit den Fischen zusammenhängen. Die Fischklasse aber ist aus einer ausgestorbenen Vertebratenklasse entsprungen, von deren einstiger Organisation uns die heutigen Rundmäuler oder Cyclostomen eine ungefähre Vorstellung geben; und diese wiederum müssen aus Schädellosen oder Acranien entsprungen sein, von dem als letztes Ueberbleibsel heute nur noch das höchst wichtige Lanzetttierchen (Amphioxus) existiert. Die nahe Verwandtschaft aber, welche zwischen dem Amphioxus und einem Zweige der Manteltiere, den Ascidien, besteht, weist auf den einstämmigen Ursprung beider aus einer und derselben Würmergruppe hin.

Für die Hauptgruppe der Luftröhrentiere (Tracheaten), der die Insekten, Spinnen und Tausendfüßer angehören, nimmt Häckel bestimmt eine einzige Stammform an, ebenso für alle Crustaceen (Krustentiere) oder Krebse. Doch erscheint es ihm sehr wahrscheinlich, daß die Stammgruppe dieser letzteren einem anderen, wenn auch nahe verwandten Zweige des Würmerstammbaumes angehört, als diejenige der Crustaceen. Beide verhalten sich ähnlich wie Angiospermen und Gymnospermen: entweder sind die ersteren aus den letzteren entstanden, oder — was nach Häckel immer wahrscheinlicher wird — beide sind getrennten Stammes, und der Kreis der Gliedertiere ist seinem Ursprung nach zweistämmig.

Die ganz eigentümliche und merkwürdige Einrichtung des Körperbaues der Sterntiere spricht mit voller Bestimmtheit für deren einstämmigen Ursprung. Wie bei den Wirbeltieren, so können auch bei den Sterntieren nur einmal im Laufe der Erdgeschichte alle die Bedingungen zusammengetroffen sein, welche die charakteristische Zusammensetzung des „Typus“ durch Anpassung ermöglichten. Von dem Typus der Weichtiere glaubt Häckel den Schnecken einen monophyletischen Ursprung zuerkennen und denselben von einer Gruppe von Würmern herleiten zu sollen; die Muscheln scheinen aus einer Gruppe der Schnecken durch Rückbildung, die Tintenfische aus einer anderen Gruppe der Schnecken durch Fortbildung entstanden zu sein.

Die Würmer oder Wurmtiere gleichen darin den Prothalloten oder Gefäßkryptogamen, daß sie eine verbindende Stellung zwischen den höchsten und niedersten Formengruppen einnehmen. Wahrscheinlich sind etliche — vier bis sechs — Stammformen der vier höheren, typischen Tierstämme aus verschiedenen Gruppen des Würmerstammes entstanden, der Würmerstamm selbst aber einstämmig oder vielstämmig aus einer Gruppe von Pflanzentieren entsprungen, und zwar aus den Urdarmtieren oder Gasträaden, für den mit einiger Wahrscheinlichkeit ein polyphyletischer Ursprung angenommen werden kann. Ebenso scheint auch ein Teil der Klassen, die wir heute in dem Würmerstamme unterscheiden, eine vielstämmige Descendenz zu besitzen, während der andere und größere Teil wohl einstämmig entsprungen ist.

Nicht minder schwierig als die Descendenz der Würmerklassen ist nach Häckel die Abstammung der Pflanzentiere zu beurteilen. Es besteht dieses Unterreich aus zwei Hauptgruppen, den Nesseltieren und Schwammtieren. Die Nesseltiere (Acalephae) können insofern als aus einer Wurzel hervorgegangen gedacht werden, als für die meisten Klassen derselben eine ähnliche Keimform besteht, die dem heutigen Süßwasser-Polypen (Hydra) verwandt ist.

Aber die einzelnen Klassen der Acalephen brauchen deshalb nicht monophyletisch zu sein, vielmehr ist es sehr wahrscheinlich, daß die Medusen polyphyletisch aus zwei oder mehreren Gruppen von Hydra-Polypen entstanden sind. Ebenso scheinen die Siphonophoren polyphyletisch aus mehreren verschiedenen Gruppen von Medusen hervorgegangen zu sein. Dagegen dürften die beiden Klassen der Kammquallen (Stenophoren, auch Rippen- oder Gurkenquallen genannt) und Korallen eher monophyletischen Ursprunges sein.

Die Schwämme (Spongiae) lassen sich morphologisch ebenfalls auf eine einzige gemeinsame Urform zurückführen: auf den Olynthus, einen einfachen schlauchförmigen Körper, der gleich der Hydra der Stammform aller Tiere, der Gasträa, sehr nahe steht; er unterscheidet sich wesentlich von letzterer nur durch den Besitz der den Schwämmen eigentümlichen Hauptporen.

Alles in allem genommen, kann man für das Tierreich als Ganzes ebenso wie für das Pflanzenreich einen polyphyletischen Ursprung annehmen, während die meisten einzelnen Tierklassen, und namentlich alle höheren, mit viel mehr Wahrscheinlichkeit monophyletisch sind.

Was nun schließlich den Menschen im Besonderen anbelangt, so geht die Meinung vieler moderner Naturforscher dahin, daß derselbe monophyletischen Ursprunges sei. Johannes Ranke schreibt das Verdienst, dieser Erkenntnis Bahn gebrochen zu haben, nicht zum geringsten der Darwinistischen Naturphilosophie zu. Aber auch K. E. von Baer (1792—1876), einer der Hauptbegründer der Lehre von dem gesetzmäßigen Zusammenhang der animalen Formbildungen, der zugleich als entschiedener Gegner des modernen Darwinismus auftrat, hat sich ebenso entschieden für die Einheit des Menschengeschlechtes ausgesprochen. Man hatte in Amerika zur Zeit jenes Bürgerkrieges (1861—1865), dessen Hauptursache die Frage der Aufhebung der Sklaverei in den Südstaaten war, den Versuch gemacht, die Farbigen als eine von den Weißen verschiedene, aus einem anderen Urstamme hervorgegangene Art hinzustellen; Baer trat dem zur Unterstützung dieser tendenziösen Annahme vorgebrachten Satze, daß die verschiedenen Menschenstämme — oder, wie sich die Anhänger dieser Anschauung sofort ausdrückten, die verschiedenen „Menschenarten“ — überhaupt keine dauernden Mittelformen erzeugen können, sondern sich ewig erhalten, in schärffster Weise entgegen. Die anglikanische Rasse, aus deren Mitte jene Anschauungsweise hervorgegangen war, kam dabei ziemlich schlecht weg. Baer schrieb: „Es ist wohl kein Volk in Europa, welches in historischer Zeit so sehr gemischt wäre, wie das britische. Urbewohner, Kelten, Römer mit den bunten Völkern gemischter römischer Heere, in späterer Zeit Angelsachsen und Normannen, sind mit Ausnahme weniger Gebirgsdistrikte, zu einem Volke verwachsen, weil von einer Insel ein bedrängtes Volk nicht leicht entweichen kann. Von diesen Leuten wandern große Züge nach Amerika aus, treffen hier nicht nur mit den Eingeborenen des Landes, sondern mit Auswanderern aus anderen Ländern Europas, namentlich aus den ebenfalls stark gemischten Ländern Frankreich und Spanien zusammen und bilden mit diesen ein großes Reich, in das sie fortdauernde Züge von Deutschen und Iren aufnehmen, die Gebiete der Rothäute mit einschließen und Neger aus Afrika Jahrhunderte lang einführen. Zuletzt lockt noch das Gold Abenteurer aus allen Zungen und mit ihnen Scharen betriebsamer Chinesen an die Westküste. Flüchtlingen und Europamüden aus allen Ländern stehen alle Wege offen, und Boden ist genug vorhanden, um sie zu nähren, politische Freiheit genug, um alle politischen Systeme bis zur Karikatur auszubilden. Sollte man nicht denken, daß das Fatum des Menschengeschlechts hier eine Verschmelzung aller körperlichen und geistigen Besonderheiten, aller Fertigkeiten und Gewohnheiten, aller Vorurteile und geistigen Einsichten eingeleitet habe, und daß die Völker und Individuen, die an den Zügen teilnahmen, indem sie ihre eigenen Interessen verfolgten, doch diesem Fatum dienen mußten, dessen Ziel zu sein schien: Alle Einseitigkeit zu vernichten und aus dem Verein aller Fähigkeiten und Anlagen ein neues Geschlecht entstehen zu lassen? Ist es nun nicht im höchsten Grade merkwürdig, daß gerade aus diesem Lande uns von dem Volk der Anglo-Amerikaner, deren Sprache selbst, die Abstreifung fast aller grammatischer Formen, eine tiefgehende Mischung beurkundet, die Lehre laut und anhaltend verkündet wird: die Menschenstämme

sind garnicht mischbar, sondern bleiben ewig getrennt? Und diese Lehre geht aus von Männern, welche nicht wissen können, ob mehr Blut britischer Urbewohner, keltisches oder germanisches in ihnen fließt! In einigen Ländern Europas hat (zu jener Zeit) diese Lehre allerdings Anhänger gefunden, aber wohl nur, weil sie auffiel, und weil man glauben mochte, in Amerika müsse man über die Unvermischbarkeit am meisten Erfahrung machen können. Wir haben aber gehört, daß nur die aus ethischen Gründen nicht gedeihende Nachkommenschaft von Briten und Negerinnen als Erfahrung vorlag, und daß man aus dieser allein rasch allgemeine Folgerungen zog, die allen bisherigen (und folgenden) Erfahrungen widersprechen. Diese Verallgemeinerung hätte man wohl nicht so passend gefunden, wenn es nicht geschienen hätte, daß sie der Ansicht von den mehrfachen Species oder Arten im Menschengeschlecht die einzige Stütze zu gewähren versprach. Und diese Ansicht, welche nach naturhistorischen Prinzipien sich so wenig begründen läßt, ist sie nicht ein gewisses Bedürfnis eines Teiles der Anglo-Amerikaner? Mit unmenschlicher Härte hat man die Urbewohner zurückgedrängt, mit Egoismus den afrikanischen Stamm zur Knechtschaft eingeführt. Man sagte sich, gegen diese Menschen könne man keine Verpflichtung anerkennen, denn sie seien von schlechterer Art. Ich berufe mich auf die Erfahrung aller Länder und Zeiten, daß, wenn ein Volk recht hat und ungerecht gegen ein anderes verfährt, es auch nicht unterläßt, das andere sich sehr schlecht und unfähig zu denken und diese Ueberzeugung oft und nachdrücklich zu wiederholen."

Unter Berufung auf Cuviers Ausspruch, er könne an jedem einzelnen Knochen feststellen, zu welchem Tiere er gehört und zu welcher Species, da jeder Knochen mit allen anderen in einem solchen Verhältnis steht, daß aus seinen Merkmalen die Merkmale aller anderen erschlossen werden können, erklärt Virchow, der dem Darwinismus gegenüber eine völlig unabhängige, in einzelnen Punkten sogar eine ablehnende Haltung beobachtet: „Gerade aus diesem Grunde habe ich mich wesentlich dafür entschieden, für den Menschen die Existenz von verschiedenen Species nicht anzuerkennen, da wir keinen einzigen Stamm kennen, bei dem wir nicht mit Sicherheit aus einem einzigen Knochen erkennen könnten, zu welcher Art er gehört. So kommen wir mit aller Korrelation*) nicht dahin, daß aus den verschiedenen Variationen, die das Menschengeschlecht erfahren hat, jemals innerhalb des Menschengeschlechts eine neue Species (Art) geworden ist, die sich von anderen Menschenspecies unterschieden hätte. Hätte der korrelative Einfluß eine so große Bedeutung, so würde meiner Meinung nach notwendig das haben eintreten müssen, daß menschliche Species sich gebildet hätten. Diese haben sich aber nicht gebildet, weil immer noch der erbliche Einfluß auf den Menschen als Ganzes und auf die einzelnen Teile groß genug ist, um Widerstand zu leisten gegen die Antriebe zu jener besonderen Entwickelung, die zur Trennung in Species notwendig wäre."

Der Anatom Julius Kollmann (geb. 1834), der mit aller Entschiedenheit auf dem Standpunkte des Darwinismus steht, äußert sich über diese Frage wie folgt: „Der Formenkreis der Species „Mensch" ist außerordentlich groß. Aber selbst die extremsten Formen werden bei Tieren und Pflanzen nach den systematisierenden Grundsätzen von den Naturforschern zu einer einzigen Art gehörig angesehen, wenn sie durch eine zusammenhängende Reihe fein abgestufter Zwischenformen kontinuierlich verbunden sind, oder sobald sich die Abstammung von der gemeinsamen Stammart empirisch nachweisen läßt. Bei dem Menschengeschlecht treffen diese beiden Bedingungen zusammen, und deshalb entsteht die Verpflichtung, alle Formen unter eine Spezies zu ordnen. Die aus einer Art hervorgegangenen unterscheidbaren Formen, welche bestimmte, erworbene und dauernde Eigenschaften regelmäßig auf die Nachkommen übertragen, müssen dann je nach der Summe dieser charakteristischen Eigenschaften entweder in die Kategorie der Subspecies, Unterarten, oder

*) Korrelation, das wechselseitige Verhältnis zwischen zwei Begriffen; Korrelat, derjenige Begriff, der in einer bestimmten Beziehung einem anderen gegenüber steht. So ist z. B. der Begriff „Vater" das Korrelat zu dem Begriff „Sohn", mit dem er in Korrelation steht. Im obigen Sinne ist Korrelation das wechselseitige Verhältnis zwischen den verschiedenen Körperteilen, den Knochen u. s. w.

in jene der Spielarten, Varietäten, eingereiht werden. Es sind Rangstufen, welche innerhalb der Species Gruppen vereinigen, die sich durch eine bestimmte Summe von Eigenschaften auszeichnen. Ihre Unterscheidung ist von der höchsten Bedeutung für das Verständnis der natürlichen Verwandtschaft. Während ich nun den Regeln der klassifizierenden Zoologie folge und den Nachdruck auf die Unterschiede lege, bin ich doch weit entfernt, das Gemeinsame in der Entscheidung des Menschengeschlechts aus den Augen zu lassen. Die Qualität der unterscheidenden Merkmale ist ja niemals das für eine Art (Species) Charakteristische, sondern die Konstanz der unterscheidenden Merkmale. Konstanten Merkmalen kommt auch eine viel höhere Bedeutung zu, als z. B. der räumlichen Trennung, der wir unbewußt ein großes Gewicht beilegen. Zwei Tier- und Pflanzenvarietäten werden, wenn sie aus zwei entfernten und nicht zusammenhängenden Gegenden stammen, oft als zwei gute, ausgesprochene Species betrachtet, während jedermann dieselben nur als untergeordnete Varietäten einer und derselben Species betrachten würde, wenn sie in derselben Gegend gemischt vorkämen. Von urteilsfähigen Beobachtern habe ich wiederholt bei den Schaustellungen der Lappländer oder der Indianer das Urteil gehört, das seien einfach maskierte Schwaben oder Bayern, obwohl die Echtheit, von den berufensten Ethnologen festgestellt, außer Zweifel war. Das ist ein deutlicher Fingerzeig, wie auffallend gering der Unterschied selbst sehr differenter sogenannter Rassen ist, und daß es notwendig wird, im Hinblick auf die vorliegenden Thatsachen von der Gemeinsamkeit der wichtigsten Merkmale in der Aufstellung der verschiedenen Kategorien den Maßstab nicht zu hoch anzulegen. Um die Unterschiede innerhalb des Menschengeschlechts zu klassifizieren, genügen vollauf zunächst die Begriffe von Subspecies und Varietät, Unterart und Spielart. Damit können vollauf die verschiedenen Grade der Konstanz der wesentlichen Differentialcharaktere bezeichnet werden, wobei die Unterart eine größere Summe von solchen Differentialcharakteren enthält, die Spielart eine geringere." Mit Recht erkennt Kollmann nur verschiedene Unterarten, und, weit in die zweite Linie zurückgerückt, Spielarten und Unterspielarten; er findet die Unterschiede zwischen den verschiedenen Rassen durchaus nicht groß genug, um denselben den Wert einer besonderen Art (Species) beizulegen.

Ernst Häckel will — unbeschadet seiner Ansicht, daß die Annahme einer monophyletischen Abstammung des Menschen aus vielen und wichtigen Gründen die richtigere sei — die polyphyletische Anschauungsweise keineswegs ohne weiteres abgelehnt wissen. Er schreibt: „Rein morphologisch betrachtet, d. h. bloß gestützt auf die kritische Vergleichung der mannigfachen Unterschiede im Körperbau, der äußeren Gestalt, der Skelettbildung u. s. w. kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die unzähligen Rassen und Spielarten unseres Haushundes in viel höherem Maße von einander verschieden sind, als die differenten Genera und Species, welche der Zoologe im System der Hunde-Familie unterscheidet. Und dennoch werden sie meist nur als Abarten einer einzigen „Species": Canis familiaris betrachtet. In gleicher Weise halten auch die meisten Anthropologen an der sogenannten „Art-Einheit" aller Menschenrassen fest und vereinigen sich in einer „Species": Homo sapiens. Der unbefangene kritische Forscher aber, welcher dieselben genau vergleicht, kann sich der Ueberzeugung nicht verschließen, daß ihre morphologischen Unterschiede viel bedeutender sind, als diejenigen, durch welche sich im zoologischen System z. B. die verschiedenen Species der Bären, oder der Wölfe, oder der Katzen unterscheiden. Ja sogar die morphologischen Unterschiede zwischen zwei allgemein anerkannten Genera, z. B. Schaf (Ovis) und Ziege (Capra), sind viel unbedeutender, als diejenigen zwischen einem Papua und einem Eskimo, oder zwischen einem Hottentotten und einem Germanen. Die geschichtliche Betrachtung des zoologischen Systems zeigt uns, daß unsere fortschreitende Kenntnis der Tierformen stets zu einer immer weitergehenden Spaltung der Gruppen führt. Verwandte Arten, die bei Linné in einer Gattung, bei Cuvier in einer Familie vereinigt waren, bilden jetzt eine umfangreiche Ordnung mit mehreren Familien und vielen Gattungen. Dem entsprechend kann man auch im zoologischen System der Säugetiere die heute gewöhnlich als „Rassen" betrachteten Formen-Gruppen als „Species" auffassen, und die Gattung Homo

in mehrere Genera oder zunächst Subgenera auflösen. Als solche nimmt Häckel den Woll- und Schlichthaarmenschen und richtet auf dieser Grundlage einen eigenen Stammbaum auf, der dann mit einem von Friedrich Müller aufgestellten Sprachstammbaum in Uebereinstimmung gebracht worden ist.

Oskar Schmidt äußert sich zu dieser Frage folgendermaßen: „Die oft ventilierte, jetzt eigentlich abgeschmackte Frage, ob die Menschheit von einem oder mehreren Paaren abstamme, erledigt sich damit, daß aus den tierischen Vorfahren der Stamm, in welchem später die Sprache zum Durchbruch kam, sich natürlich allmählich absonderte, und daß die zur Sprache und Vernunft führende Zuchtwahl in größeren Individuengemeinschaften vor sich gehen mußte. Näher an den Begriff der biblischen Einheit des Menschengeschlechtes würde man gelangen, wenn alle Sprachstämme auf eine Quelle zurückwiesen. Ließe sich aber zeigen, daß gewisse Sprachstämme auf unbedingt unvereinbare Wurzeln führten, so würde die Naturforschung ihr Jawort zu der notwendigen Folgerung geben können, daß an verschiedenen Stellen der Erde Sprachen entstanden, mit anderen Worten, daß das Auseinandergehen in Arten früher stattfand, als die Zuchtwahl auf dem Punkt der Sprachbildung angekommen. Der letztere Fall ist der bei weitem wahrscheinlichere, wird sogar von den meisten mit dieser Frage beschäftigten Sprachforschern als der einzig mögliche angenommen und am nachdrücklichsten von Friedrich Müller vertreten. „Der Mensch", so schreibt dieser, „war damals, als es nur Rassen und keine Völker gab, ein sprachloses, der geistigen, auf der Sprachthätigkeit beruhenden Entwickelung noch völlig ermangelndes Wesen. Zu dieser Annahme werden wir, abgesehen von den entwickelten naturhistorischen Voraussetzungen, durch die Betrachtung der Sprache selbst gedrängt. Die verschiedenen Sprachstämme nämlich, auf welche die Wissenschaft die Sprachen zurückzuführen im stande ist, setzen nicht nur bei den verschiedenen Rassen vermöge ihrer totalen Verschiedenheit in Form und Stoff mehrere von einander unabhängige Ursprünge voraus, sondern sie weisen selbst innerhalb einer und derselben Rasse auf mehrere von einander unabhängige Ursprungspunkte hin." — Zu der Frage, ob ursprünglich mehrere Menschenarten (d. h. Arten oder Species der Gattung „Mensch") bestanden haben, oder ob bloß eine Rassenbildung vorliegt, nimmt Oskar Schmidt in nachstehenden Worten Stellung: „Der Mensch bildet in der Ordnung der Primaten eine Familie und repräsentiert sie jedenfalls nur durch eine Gattung. Ob man nun die Neger, Kaukasier, Papuas, Amerikaner u. s. w. Arten oder Rassen nennt, ist fast gleichgültig. Die Leichtigkeit der Kreuzungen der verschiedenen Menschen würde für den Rassencharakter sprechen; da aber die Kreuzung der Arten durchaus nicht prinzipiell von der Rassenkreuzung verschieden, und da zu den körperlichen, in Farbe, Haar, Schädel, Extremitäten und anderen Merkmalen sich aussprechenden Verschiedenheiten auch die so tief gehenden Sprachunterschiede kommen, so erscheint uns die Zerteilung der Menschengattung in Arten, welche in viele Rassen auseinandergehen, doch mehr naturgemäß. Es ist aber schließlich, wie bei der Artfrage überhaupt, das individuelle Gefühl des Einzelnen entscheidend."

Mit der Frage, ob der Ursprung des Menschen ein monophyletischer oder polyphyletischer ist, hängt die Frage betreffs einer gemeinsamen Urheimat oder Wiege des Menschengeschlechts eng zusammen. Wir werden darauf im letzten Abschnitt dieses Buches noch zurückkommen.



Erstes Kapitel.

Allgemeines.

Man hat das Pflanzenreich als den Inbegriff derjenigen organischen Wesen bezeichnet, die sich ernähren, wachsen und sich fortpflanzen, ohne jedoch willkürliche Bewegungen ausführen zu können. Daß diese Umgrenzung der Pflanzenwelt unrichtig ist, haben wir schon bei den Vorläufern der eigentlichen Pflanzen, den Protophyten gesehen. Nicht nur die Schwärmsporen sehr vieler Algen und Pilze, sondern auch mehrere Gruppen dieser Pflanzen selbst besitzen freie Ortsbewegung. Auch den höheren Pflanzen kommt diese in Gestalt von Lageveränderungen zu, die auf Licht- und Temperaturverhältnisse zurückzuführen sind, wie z. B. das Schließen der Blütenkelche bei Nacht, das Bestreben, sich der Sonne zuzuwenden, die windenden Kletterbewegungen mancher Pflanzen u. s. w. Ein besonders beredtes Beispiel von Bewegungsfähigkeit geben die reizbaren Pflanzen, wie beispielsweise die Mimose, die ihre gefiederten Blätter schon bei der bloßen Berührung zusammenzieht und niederhängen läßt, und die insektenfressenden Pflanzen, deren Kelche oder Fangapparate als Fallen wirken, sobald das Beutetier in dieselben eingedrungen ist. Da die niedrigsten Pflanzen ihre selbstständigen Bewegungen scheinbar zielbewußt ausführen, wie die auf gleicher Entwickelungsstufe stehenden tierischen Organismen, so kann selbst das Vorhandensein eines Willens nicht als entscheidendes Merkmal zu Gunsten der Tierwelt im Allgemeinen angerufen werden; erst bei den weit höher organisierten Wesen der beiden Reiche wird in dieser Hinsicht ein Unterschied bemerkbar, und er wird immer größer, auf je höherer Entwickelungsstufe die in Vergleich gezogenen Pflanzen und Tiere stehen. Keiner höher entwickelten Pflanze kommt noch eine selbständige Bewegung als Gesamtindividuum zu gute, wogegen in der Tierwelt die selbstgewollte Bewegung nicht nur im Sinne der mechanischen Leistung, sondern auch in demjenigen der selbstbewußten Willensthätigkeit sich desto höher differenziert, je höher die Entwickelungsstufe des betreffenden Tieres ist. Die mit ihrem Mutterboden dauernd verwachsenen Pflanzen üben dagegen eine Thätigkeit

aus, die der Tierwelt völlig fremd ist; es ist dies die mechanische Arbeit, die sie im Haushalte der Natur verrichten.

Professor Müller sagt darüber (in einem in der Berliner „Urania" gehaltenen Vortrage): Wenn ein Samenkorn, z. B. ein Weizenkorn in die Erde gesenkt ist, so treibt es, vorausgesetzt, daß es überhaupt einen gedeihlichen Boden für seine Entwickelung findet, zunächst eine Wurzel aus. Dann erst sprießen auch Keimblätter nach oben, wobei sich die Vorratskammer, die den größten Teil des Kornes bildet, allmählich verkleinert, und das in ihr enthaltene Stärkemehl aufgezehrt wird. Schon in diesen ersten Wachstumsvorgängen ist eine zweifache Art der Arbeit bei den Pflanzen angedeutet: die Wurzel zieht Nährstoffe für die Pflanze aus dem Boden heran, die über die Erde dringenden Organe ziehen Nährstoffe aus der Luft.

Was die Wurzel dem Boden vor allem entzieht, ist Wasser. Ohne Feuchtigkeit kann die Pflanze nicht leben; es ist allgemein bekannt, daß sie in einem trockenen Boden nicht fortkommen kann, sondern eingeht und verdorrt. Auch kann man durch direkte Experimente zeigen, indem man die Wurzel in Gläser, die mit Wasser gefüllt sind, hineinwachsen läßt, daß das Wasser der zum Gedeihen notwendige Stoff für die Pflanzen ist. Um dieses in reicher Menge aus dem Boden zu ziehen, verzweigt sich die Wurzel hundert- und tausendfach und sendet viele Tausende feiner und feinster Faserchen rings ins umgebende Erdreich, mit dem sie dadurch an einer großen Oberfläche in Berührung kommt. Das Wasser löst die zur Ernährung der Pflanzen nötigen mineralischen Salze und sonstigen Stoffe auf und führt sie durch die Wurzelfasern in diese und in die inneren Teile der Pflanzen über. Durch ein feingeteiltes Röhrensystem fließt das mineralhaltige Wasser zu einer Hauptleitung zusammen, in der es aufwärts steigt und sich in den oberirdischen Teilen wieder nach allen Seiten hin verzweigt. In einem Blatt z. B. sieht man deutlich die durch die Mitte gehende Leitung, den sogenannten Nerven, und die von ihm ausgehenden Rippen; von jeder einzelnen gehen wieder feine Röhrchen aus, die sich wieder in Hunderte und Tausende von Ausläufern teilen, deren Enden nur mit den feinsten Mikroskopen wahrnehmbar sind.

In diesem weit verzweigten Röhrensystem steigt das Wasser vom Boden auf, dringt zu allen Teilen der Pflanze vor, und der überschüssige Teil verdunstet an den Rändern der Blätter. Die Wassermengen, die auf diese Weise von den Pflanzen aus der Tiefe der Erde in die Höhe geschafft und in die Atmosphäre befördert werden, sind ganz enorm. Wenn man ein Topfgewächs, etwa eine Fuchsie, ihres Kopfes beraubt, und mit Hilfe eines auf das freie Ende des Stammes gebrachten Gummischlauches und einer damit verbundenen Glasröhre das in die Höhe getriebene und austretende Wasser in ein Glasgefäß austropfen läßt, so kann man leicht eine Vorstellung von der zu Tage geförderten Wassermenge gewinnen. Eine einfache Sonnenrose schafft täglich ungefähr $1^1/_4$ Pfund Wasser aus der Tiefe herauf, eine Eiche oder Linde 50 bis 100 Liter, das sind ein bis zwei Centner. In den vier Monaten Mai bis August, die etwa die Vegetationsperiode eines Jahres ausmachen, hebt ein Morgen Laubwald etwa eine viertel Million Centner Wasser empor, eine Arbeitsleistung, die sehr merklich auf die klimatischen Verhältnisse einwirkt. Was uns während des heißen Sonnenbrandes den Aufenthalt im Schatten des Laubes so angenehm macht, ist nicht bloß der Umstand, daß der beschattete Raum an sich nicht so heiß ist, sondern die andauernd gehobenen Wassermassen, die beständig von den Blatträndern verdunsten, verbrauchen hierzu eine nicht unbeträchtliche Wärmemenge, so daß dadurch die Temperatur so erfrischend kühl wird. Diese Pumparbeit wird durch die Saugkraft des in den inneren Pflanzenteilen enthaltenen Zuckers verrichtet, eine Kraft, die wir leicht erproben können, wenn wir ein Stück Zucker in Wasser oder Kaffee tauchen. Eine Zuckerlösung saugt begierig Wasser auf und zieht Wasser selbst durch trennende Scheidewände an sich; diese Saugkraft ist auch bei den Pflanzen thätig.

Mit einer Druckkraft von 9 bis 15 Atmosphären wird das Wasser von den Wurzelfasern angesaugt und in die zuckerhaltigen inneren Teile hineingezogen; wie gewaltig diese

Kraft ist, kann man ermessen, wenn man sich vergegenwärtigt, daß eine Schnellzugslokomotive z. B. nur mit einer Druckkraft von 9 bis höchstens 12 Atmosphären arbeitet. Bei dem Vordringen und Aufsteigen in die Pflanze wird nach Maßgabe des überwundenen Widerstandes die Druckkraft immer geringer, und schließlich wird das Wasser mit der Kraft von 1 bis $1^1/_2$ Atmosphären wieder herausgepreßt.

Beinahe noch wichtiger als diese Arbeit der Wasserhebung ist die andere Arbeit, welche die Pflanzen mit ihren oberirdischen Organen leisten. Jeder organische Stoff besteht in erster Linie aus Kohlenstoff, so daß man diesen geradezu als den organischen Stoff bezeichnen kann und wohl auch zuweilen bezeichnet hat. Wenn in der Küche das Fleisch oder die Suppe anbrennt, so ist das ein deutlicher Beweis dafür, daß Kohle in ihnen enthalten ist, die sich aus ihren Verbindungen ausscheidet und in ihrer bekannten schwarzen Form auftritt. Aber in dieser Form können wir sie bekanntlich nicht genießen, denn die Organe unseres Körpers sind nicht im stande, die Kohle direkt zu benutzen und zu verwandeln. Auch in der Form, in der sie uns am zugänglichsten ist, als in der Luft enthaltene Kohlensäure, ist sie uns nicht nützlich, sondern vielmehr — selbst in nur ganz geringem Uebermaße — schädlich, und bei etwas reichlich vorhandener Kohlensäure müssen wir sogar ersticken. Wir entnehmen der Luft beim Atmen vor allen Dingen den Sauerstoff, den wir zum Lebensvorgang, zum Verbrennen der Stoffe unseres Körpers brauchen, und die hierbei entstandene Kohlensäure stoßen wir beim Ausatmen aus. Daher wird die Luft stets schlechter, d. h. reicher an Kohlensäure, wo viele Menschen zusammen gedrängt sind, und längst hätten alle Tiere und Menschen an Erstickung zu Grunde gehen müssen, wenn in der Natur nicht für die Beseitigung der ungeheuren Mengen von Kohlensäure gesorgt wäre, die allein schon beim Atmen beständig erzeugt werden. Diese für die Erhaltung des Lebens so notwendige Arbeit leisten die Pflanzen. In den oberirdischen grünen Teilen, vor allem in den Blättern, ist ein Farbstoff enthalten, das sogenannte Blattgrün oder Chlorophyll, der aus der Luft die Kohlensäure entfernt. In die Hohlräume zwischen den Geweben dringt die atmosphärische Luft ein; dort wird die Kohlensäure unter der Einwirkung des Sonnenlichtes in Kohle und Sauerstoff zerlegt, so daß die Luft wieder sauerstoffreicher, also gesunder wird. Der Kohlenstoff aber bildet mit dem Wasser, das er in der Pflanze findet, einen weißlichen Körper, in dem wir ihn bequem in uns aufnehmen können, das allbekannte Stärkemehl. Einen Teil der erzeugten Stärke verbraucht die Pflanze zum Aufbau ihres eigenen Leibes, den Rest aber speichert sie auf und führt ihn, oft in Zucker umgewandelt, den Samen und Früchten zu. Die Kartoffel z. B. verwandelt die Stärke, die sie den Knollen zuführt, anfangs in Zucker, weshalb die unreifen Kartoffeln süßlich schmecken; erst, wenn der Vorrat sich häuft, wird er wieder in Stärke verwandelt, um so der neuen Pflanze, die sich aus der Knolle entwickeln soll, als Vorratskammer während des Keimens zu dienen.

Ein weiterer hochbedeutender Unterschied zwischen der Tier- und Pflanzenwelt ist der Umstand, daß erstere hinsichtlich ihrer Ernährung ausschließlich auf Stoffe organischen Ursprunges, also auf solche angewiesen ist, die aus dem Pflanzen- oder Tierreiche hervorgegangen sind, während die Pflanze sich zu ihrer Ernährung ausschließlich solcher Stoffe bedient, die der anorganischen Welt angehören, oder, wenn sie (wie beispielsweise der Dünger) organischen Ursprunges sind, nur insofern für die Ernährung der Pflanze in Betracht kommen, als sie durch chemische Zersetzung in ihre ursprüngliche anorganische Form bereits zurückgeführt sind. Der gesamte Kohlenstoff, der für die Pflanzen in so hohem Maße notwendig ist, und in denselben zu den verschiedensten Formen (Stärke, Zucker, Cellulose, Eiweiß, ätherische Oele, Alkaloide u. s. w.) umgebildet wird, wird aus der Kohlensäure der Luft geschöpft. Von der größten Wichtigkeit für die Pflanzen sind als deren eigentliche Lebenselemente das Wasser, die Luft, das Licht und die Wärme; ersteres hauptsächlich als das Medium, in welchem die anorganischen Nährstoffe aufgelöst sind und als die belebende Kraft im Mechanismus der Pflanzen, die Luft als Trägerin der Kohlensäure und anderer für das Pflanzenleben wichtiger Gase, Licht und Wärme als die wesentlichen Faktoren, die an den chemischen Vorgängen im Pflanzenleben beteiligt sind. Unter den mineralischen

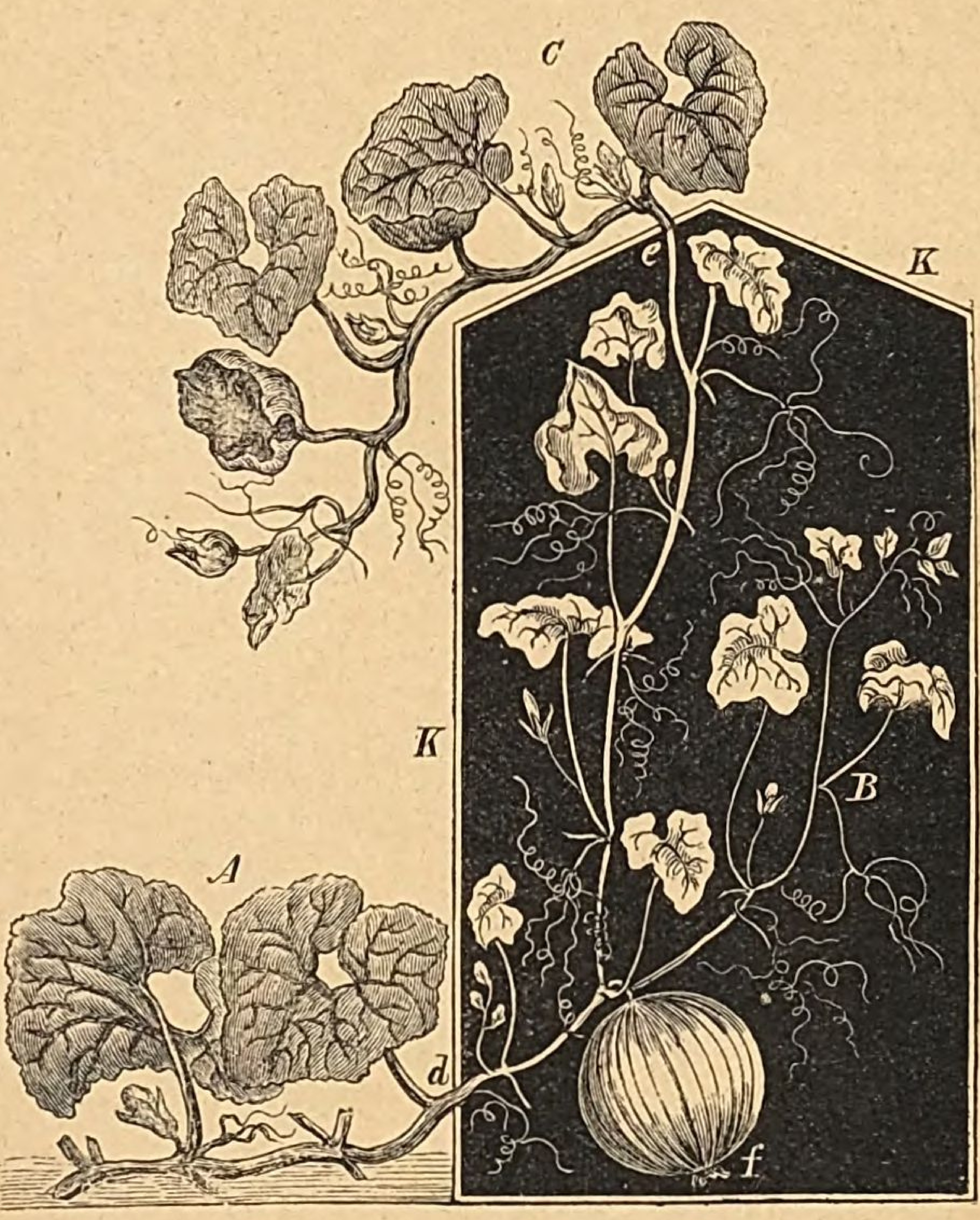
Nährstoffen, welche durch die Wurzeln den Pflanzen aus dem Boden zugeführt werden, sind die wichtigsten die Kaliumverbindungen, die Salpetersäure und die Phosphorsäure. Die Kaliumverbindungen sind, wie Schweiger-Lerchenfeld in seinem „Neuen Buch der Natur" schreibt, die Verbindungen eines Metalles, des Kaliums, des leichtesten, das es giebt, das auf Wasser schwimmt und mit solcher Energie das Wasser in seine beiden Bestandteile — Wasserstoff und Sauerstoff — zerlegt, daß der erstere sich entzündet und verbrennt; in dem Wasser befindet sich dann das Kali in Verbindungen, welche meistens durch sehr charakteristische Eigenschaften ausgezeichnet sind. Es kommen hauptsächlich die Verbindungen mit dem Wasserstoff und dem Sauerstoff in Betracht. Die Verbindung des Stickstoffes mit dem Wasserstoff ist das Ammoniakgas; es bildet sich hauptsächlich bei der Fäulnis der stickstoffhaltigen Bestandteile tierischer oder vegetabilischer Organismen. Findet jedoch dieser Prozeß in Gegenwart von Alkalien statt, so bildet sich Salpetersäure. Der dritte Pflanzennährstoff, die Phosphorsäure, stellt eine der zahlreichen Verbindungen des Phosphors mit Sauerstoff dar und erscheint in mehreren Modifikationen.

Was nun die atmosphärischen Nahrungsmittel der Pflanzen anbetrifft, so ist bereits erwähnt worden, daß der Kohlenstoff in jeder vorhandenen organischen Verbindung des Pflanzenkörpers auftritt. Die Kohlenstoffaufnahme erfolgt durch die chlorophyllhaltigen Zellen der Blätter und zwar durch Zersetzung der aufgenommenen Kohlensäure in Kohlenstoff und in Sauerstoff unter Mitwirkung des Lichtes. Man nennt diesen Prozeß Assimilation. Dagegen wird ein zweites, wichtiges, flüchtiges Nahrungsmittel, der Wasserstoff, fast ausschließlich durch die Wurzel aufgenommen. Es darf als feststehend angesehen werden, daß das atmosphärische Wasser, welches in verschiedenen Niederschlagsformen mit den oberirdischen Teilen der Pflanze in Berührung kommt, zu deren Ernährung nichts beiträgt. Gelangt aber der Niederschlag in den Boden, so wird er durch die entsprechende Organisation der Wurzelteile auf diesem Wege der Pflanze nutzbar gemacht. Die Wurzel zieht das Wasser an sich und transportiert es mittels des von ihr bis in die entferntesten Spitzen des Pflanzenkörpers reichenden Gefäßsystems überall hin. Zersetzung des Wassers und Aufnahme von Ammoniak sind die Vorgänge, durch welche der Wasserstoff der Pflanze einverleibt wird; auf ersterem Wege mag er in die stickstofffreien, auf letzterem in die stickstoffhaltigen Verbindungen gelangen.

Wenn vorstehend erläutert wurde, daß auf dem Wege der Assimilation der Pflanze Kohlenstoff zugeführt, der Sauerstoff aber ausgeschieden werde, so ist damit nicht gesagt, daß die Pflanze Sauerstoff überhaupt nicht aufnehme. Er ist im Pflanzenleibe thatsächlich als Nahrungsstoff enthalten, wenn auch bisher nicht sicher festgestellt werden konnte, durch welchen Vorgang er in den Pflanzenleib gelangt. Außerdem bedarf die Pflanze des Sauerstoffs zu ihrer Atmung. Bei den Atmungsvorgängen werden dann organische Stoffe zerstört und Kohlensäure entweicht. Die Ernährungsorgane der Pflanzen sind also die Blätter und die Wurzeln, und zwar funktionieren die ersteren bei der Aufnahme der flüchtigen, die letzteren bei der Aufnahme der mineralischen Nahrungsstoffe. Der Vorgang der Assimilation entzieht sich ganz und gar der unmittelbaren Beobachtung. Immerhin giebt sich die Produktion der organischen Substanz aus Kohlensäure und Wasser im Chlorophyll dadurch zu erkennen, daß Sauerstoff in großer Menge ausgeschieden wird. Es ist ganz unmöglich, dieses Ausscheiden an den Blättern selbst wahrzunehmen; auf experimentellem Wege aber läßt sich der Vorgang sichtbar machen und zwar mit Benutzung einer Pflanze, welche im Wasser lebt, der, Aquarienbesitzern wohl bekannten, sogenannten „Wasserpest". Ein abgeschnittener Zweig dieser Pflanze wird in ein entsprechendes mit Wasser gefülltes Gefäß gebracht und durch Belastung mit einem Gewichte in schwimmender Lage innerhalb des Wassers erhalten. Nicht belastet würde er obenauf schwimmen. Stellt man nun dieses Gefäß in die Sonne, so wird man in Kürze von der Schnittfläche des Stengels aus Gasblasen in Perlenform aufsteigen sehen. Diese Gasblasen sind Sauerstoff, der infolge der unter Einwirkung des Lichtes in den blattgrünhaltigen Zellen erfolgenden Zersetzung der Kohlensäure ausgeschieden wird. Daß es sich hier einerseits thatsächlich um Sauerstoff, andererseits um ein Produkt

der Assimilation handelt, geht aus zwei Umständen hervor. Durch Anhäufungen von mehreren Pflanzenindividuen und Anwendung eines entsprechenden Apparates läßt sich nämlich ein beträchtliches Volumen des Gases gewinnen. Andererseits erfolgt die Ausscheidung der Gasperlen sofort in längeren Zwischenpausen, wenn man die Pflanze beschattet, und sie wird ganz aufhören, wenn die Beschattung in eine förmliche Verdunkelung übergeht. An die Sonne gebracht, wird der Blasenstrom sofort wieder beginnen und rasch zunehmen.

Die Natur kommt in Bezug auf die Beleuchtung der Blätter insofern zu Hilfe, als diese gewöhnlich derart stehen, daß die Oberseite einer möglichst starken Lichteinwirkung ausgesetzt ist, d. h. mit anderen Worten: jedes Blatt ist so gestellt, daß es möglichst viel Schatten giebt. Man nennt das „Orientierung" der Blätter. Es giebt aber nebenher eine große Anzahl von Pflanzen, deren Blätter nicht ihre Oberfläche, sondern die Kante dem Lichte zukehren (Kornblume, Spitzwegerich, wilder Lattich). Worin liegt nun die Ursache dieser Erscheinung? Es darf als ausgemacht gelten, daß eine Steigerung der Beleuchtungs-Intensität für das Blatt nur so lange von Nutzen ist, als dadurch die Bildung gewisser Stoffe (z. B. der Stärke) gesteigert wird. In der Regel also würde bei allen jenen Pflanzen, welche in normalen Verhältnissen keinen sonnigen Stand einnehmen, eine abnorme Orientierung der Blätter vorkommen. Die Kantenstellung der Blätter gegen die Richtung des Lichteinfalles ist sonach ein Vorgang, der von dem Anpassungsvermögen dieser Pflanzen beredtes Zeugnis ablegt.



Wirkung des Lichtabschlusses
auf Pflanzen („Etiolement").

Die Blattgrünkörner, aus denen das Chlorophyll zusammengesetzt wird, schwimmen im Protoplasma und werden von diesem fortbewegt, die Ortsveränderung derselben steht mit der Belichtung im Zusammenhange. Bei starker Belichtung treten die Chlorophyllkörner in dichtem Haufen gegen die Unterseite der oberen Epidermis heran, bei schwächerer treten sie mehr in das Innere des Blattes zurück; ein ähnliches Verhalten zeigen sie an der unteren Epidermis des Blattes, dem sogen. Schwammgewebe. Das Licht allein vermag das Chlorophyll im jungen Pflanzentriebe hervorzubringen. Sobald der Keimsproß aus dem Boden tritt und das Lichtbad im Glanze der Sonne nimmt, entwickelt sich sofort das Chlorophyll. Beweis dessen die gelbe Färbung derjenigen Keimsprossen, deren Standort noch vor ihrem Hervorbrechen aus der Erde mit einem Topfe oder Kasten bedeckt wurde. Ein solches Pflänzchen stellt zwar sein Wachstum nicht ein, da ihm gewisse Nährstoffe aus dem Boden zugeführt werden, aber es krankt dahin und muß früher oder später verkommen. Sachs zeigt dies durch ein interessantes Experiment, das durch unsere obenstehende Abbildung veranschaulicht wird. Der Stengeltrieb der Kürbispflanze A wächst bei d in einen von allem Lichte abgeschlossenen Kasten K und gelangt bei e wieder ins Freie. Der Teil B der Pflanze innerhalb des Kastens trägt alle Merkmale der Verkümmerung.

Er hat statt der grünen eine gelbe oder gelblich-weiße Farbe, der Stengel und seine Zweige und Ranken sind mager, die Blätter klein. Daß aber die Ernährung fortdauert, zeigt die innerhalb der Dunkelkammer angesetzte Frucht. Wo die Pflanze wieder ans Licht tritt, nehmen ihre Teile die normale Färbung und Größe wieder an.

Die Wärme ist einer der bestimmten Faktoren für die Verteilung der Pflanzen. In allen Zonen sind die Pflanzen durchaus verschieden, und in Gegenden, in denen die nötige Wärme nicht vorhanden ist, an den Polen und auf den höchsten Gebirgen, fehlen sie ganz. Starke Kälte ist für die Pflanzen ein entschieden lebensfeindliches Element. Gegen die Pole hin und zu den Höhen der Gebirge hinan nimmt die Zahl der Pflanzenarten stetig ab. Merkwürdig ist, daß — wie Schimper in seiner Pflanzengeographie konstatiert — Schutzmittel der Pflanze gegen Kälte noch gänzlich unbekannt sind. Unverkennbar sind die Verteidigungsmittel der Pflanzen gegenüber dem Licht, der Trockenheit, gegen die Angriffe von Tieren; aber worin der Schutz der Pflanzen gegen die Kälte besteht, das läßt sich bei dem heutigen Stand der wissenschaftlichen Hilfsmittel noch garnicht erkennen. Wie sorgfältig sind die Tiere durch Pelze, Federn, Hufe, Fettschichten gegen die Kälte geschützt! Bei den Pflanzen ist nichts Derartiges wahrzunehmen. Irgend wie muß aber doch ein solcher Schutz vorhanden sein. Viele Pflanzen können freilich keinen Grad Kälte ertragen, manche sterben sogar schon, wenn die Temperatur noch nicht ganz auf den Nullpunkt gesunken ist. Sie können also gar kein Mittel gegen die Kälte besitzen. Andere dagegen vertragen sehr tiefe Temperaturen. Aber niemand kann einer Pflanze ansehen, ob sie vom Frost zerstört werden wird oder nicht. Wilhelm Schibler bringt hierzu ein interessantes Zahlenmaterial im Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs über die Schneeflora der Landschaft Davos in Graubünden. Diese bildet einen Hochgebirgskomplex, der für das Aufkommen einer Kälte vertragenden Pflanzenwelt besonders geeignet ist, und darum auch als Typus für den ganzen Kanton betrachtet werden kann. Während in den Höhen von 2600 bis 2925 m Davos 301 nivale Pflanzen beherbergt, und der ganze Kanton 479 aufweist, stimmen die Zahlen in den höheren Lagen für beide Gebiete ziemlich miteinander überein. Auf Bergen von 2925 bis 3087 m kommen in Davos 58 Blütenpflanzen, auf Höhen von 3087 bis 3250 m 32 Pflanzen und von 3250 bis 3412 m sogar noch 14 Pflanzen vor. Darüber hinaus gedeihen auf der Spitze eines 3414 m hohen Berges nur noch 5 Pflanzen.

Von den Pflanzen der Hochalpenflora sind viele mit denen nordischer Länder identisch. So finden sich auf einem Höhenpunkte bei Davos von 96 nivalen Gewächsen 55, die den nordischen gleichartig sind. Das Vorkommen dieser nordischen Pflanzen auf den Alpen ist, wie C. Grottowitz schreibt, ein wichtiges Zeugnis für die Eiszeit. Während dieser Periode verbreiteten sich jene mit dem nach Süden rückenden Eise ebenfalls nach dieser Richtung, und als das Eis schmolz und es nach und nach wieder wärmer in Mitteleuropa wurde, zogen sich die nordischen Pflanzen teils wiederum nach dem Norden zurück, teils wanderten sie, der Wärme weichend, immer höher auf die Berge hinauf, wo dieselbe Kälte herrscht wie im hohen Norden. In Amerika, das seiner Länge nach von dem hohen Gebirgszuge der Cordilleren durchschnitten wird, sollten es demnach die nordischen Pflanzen leicht haben, auf dieser Gebirgskette bis nach Südamerika zu wandern. Thatsächlich gelten auch die Cordilleren als eine wichtige Verbreitungsstraße für die Pflanzen. Einen neuen Beleg für diese Ansicht ist die Auffindung der Alpen-Arnika durch F. W. Neger in den chilenischen Anden. Die Pflanze war bisher nur auf der nördlichen Halbkugel bekannt; als ihr südlichster Verbreitungspunkt galt bisher die Sierra Nevada in Kalifornien. Von da bis nach Chile kann sie nur ganz allmählich gelangt sein. Es ist also anzunehmen, daß sie noch an verschiedenen Stellen der großen Gebirgsstraße von Kalifornien bis Chile gefunden wird. So sind die Gebirge eine wichtige Straße, meist aber eine sehr scharfe Grenze für die Verbreitung der Pflanzen. Der Umstand, daß Mitteleuropa im Süden durch eine hohe Gebirgswand in seiner ganzen Breite abgesperrt wird, kostete uns zur Eiszeit eine Anzahl unserer schönsten Pflanzen, besonders der vielen stattlichen Bäume, die Nordamerika und Ostasien

vor uns voraus haben. In beiden Gebieten konnten die Pflanzen vor dem Eise sich nach dem Süden flüchten. In Europa fanden sie in den Pyrenäen, Alpen, Karpathen u. s. w. eine unübersteigliche Wand und mußten zu Grunde gehen. So ist die Richtung der Gebirge ein bedeutsamer Faktor in der Verteilung der Pflanzen über die Erde geworden.

Ueber das Entwickelungsleben der Pflanzen lesen wir in Saporta-Marions Werk „Die paläontologische Fortentwickelung des Pflanzenreiches“: Betrachten wir eine beliebige höhere Pflanze, z. B. eine Pappel oder Ulme, oder eine solche mit prächtigen Blüten, wie eine Magnolie oder Schwertlilie in ihren Anfängen, so werden die Entwickelungsvorgänge überall fast dieselben sein. In der Mitte der Blüte oder des geschlechtlichen Fortpflanzungsapparates trägt das Carpell, welches die Frucht bilden soll, schon die Anlage des künftigen Samens, das Eichen, einen zum Zwecke der Fortpflanzung besonders organisierten Blattauswuchs. Mit dem Mikroskop können wir seine Entwickelung in ihren einzelnen Phasen verfolgen. Das entstehende Eichen ist nicht homogen, seine Masse besteht aus einer Menge mikroskopisch kleiner Elemente in Form geschlossener Bläschen, primitiver Zellen mit besonderer resistenter (widerstandsfähiger) Wand und halbflüssigem Inhalt, der einen Kern einschließt und mit dem Namen „Protoplasma“ belegt wird.

Diese innere Substanz zeigt eine hervorragende Thätigkeit. Ihre Masse ordnet sich in verschiedener Weise um den Kern, welcher selbst sich verlängert und an jedem seiner beiden Enden einen immer stärker werdenden Anziehungspunkt bildet. Bald teilt sich der Kern in der Mitte, und jede Hälfte wird das Kernelement einer Tochterzelle. Diese Teilung vollzieht sich auch an der Membran. Auf diese Weise nimmt das Eichen in dem Maße an Umfang zu, als seine es zusammensetzenden Zellen sich teilen; es bildet sich gleichmäßig aus, und seine verschiedenen Teile werden nach und nach angelegt. Der Stiel und die Eihüllen sind an dem entstehenden Gebilde schon erkennbar, während im Centrum eine Zelle, die sogenannte „Primordialmutterzelle“, sich immer mehr in der Mitte des Knospenkerns ausbreitet. Zunächst läßt noch nichts den Embryo ahnen. Verfolgen wir jedoch die Veränderungen jener großen Primordialmutterzelle weiter, so sehen wir, daß sie bedeutend in die Länge wächst und sich durch Querwände in zwei bis sechs „Specialmutterzellen“ teilt, die sich nun in der Folge ungleichmäßig weiter entwickeln. Die beiden oberen Zellen verschmelzen und bilden den „Embryosack“, der sich im Weiteren zur Pflanze ausbildet, während die basilären Specialmutterzellen nur zur Ernährung dieser ersten Anlage der Pflanze beitragen. Die Protoplasmamasse der oberen Mutterzelle teilt sich und gruppiert sich um mehrere Kerne, und bald enthält der Embryosack deutlich geformte Elemente: zwei am Scheitel des Sackes befestigte Embryonalzellen, die unter Vermittelung des Pollenschlauches zur Befruchtung bestimmt sind.

Die eine dieser beiden Embryonalzellen, welche der Wirkung der befruchtenden Substanz direkter ausgesetzt zu sein scheint, dient zur Uebertragung derselben und zerfällt bald, während die andere Zelle nun je nach der Pflanze, die man betrachtet, verschieden schnell sich entwickelt. Dann umgiebt eine Umhüllungsmembran diese Zelle, deren Masse sich immer weiter teilt und schließlich einen ziemlich komplizierten Apparat erzeugt, in welchem man eine mehrzellige Kugel, den künftigen Embryo, unterscheiden kann, der an der Wand des Embryosackes mit einem gleichfalls zelligen Strang, dem Suspensor oder Embryoträger aufgehängt ist.

Im weiteren Verlaufe der Entwickelung bildet sich um den Embryo noch eine Zellenmasse, die von den basilären Specialmutterzellen herrührt und manchmal sehr gering ist; es bildet sich eine Art Ernährungsgewebe, das ziemlich lange bestehen bleibt und an den Vorgängen der Keimung sich beteiligt.

Die oben erwähnte mehrzellige Embryonalkugel setzt ihre Entwickelung fort. Eine ihrer Zellen, die sogenannte Anschlußzelle oder Hypophyse ist die erste Anlage der Wurzel; am oberen Ende treten zwei umfangreiche Zellgewebshöcker auf, welche die Anlage der beiden Keimblätter oder Cotyledonen darstellen, zwischen denen sich dann etwas später der Vegetationskegel der Achse als ein kleiner Gewebshöcker, die Gemmula, zeigt

Aus der primitiven Embryonalzelle ist also schon ein kompliziertes Gewebe geworden. Die äußeren Zellen des Embryos haben ein eigentümliches Aussehen; es sind die Dermatogenzellen, die der späteren Epidermis entsprechen.

In größerer Tiefe erkennt man schon das „Periblem“ oder die Primordialrinde und eine von dieser umhüllte mittlere Schicht, das „Plerom“, die Anlage des Holzes. Bei der Keimung treten alle diese Differenzierungen stärker hervor. Die einzelnen Organe bilden sich aus, und alle Gewebe des Embryos, die bis jetzt nur aus einfachen Zellenhaufen bestanden, werden allmählich immer komplizierter. Bestimmte Zellen verlängern sich und bekommen ein faseriges Aussehen, andere bilden durch Verschmelzung ihrer Wände Gefäße, lange, verschieden angeordnete Kanäle und Gänge. Die ausgewachsene Pflanze mit ihren so verschiedenartigen Teilen, der Wurzel mit den Wurzelfasern, dem Stamm und seinen so mannigfachen Verzweigungen und Anhängen, besteht in Wirklichkeit nur aus jenen Primordialelementen, Zellen verschiedener Art, Fasern und Gefäßen. Die Art ihrer Verbindung und Vereinigung ist allerdings bei der Pflanze, die wir betrachten, eine sehr komplizierte; doch ist der Ursprung auch des höchsten Baumes ein sehr niedriger, und seine gesamte Masse kommt, streng genommen, aus dem protoplasmatischen Inhalte des Embryosackes. Diese halb flüssige, eiweißartige Substanz ist das primitive Element des gesamten pflanzlichen und tierischen Lebens.

An sich betrachtet, tritt es zuerst ohne bestimmte Form auf und liefert dann die Stoffe zu einem Kern, um den es sich gruppiert; dann erst schließt es sich nach außen durch eine resistente Umhüllung ab. Der erst geformte Körper tritt also in Gestalt einer einfachen Embryonalzelle auf, welche später durch Teilung und Verzweigung einen größeren Zellenkomplex bildet. In einem späteren Stadium enthält die mehr und mehr in ihrem Aufbau differenzierte Pflanze primitive Zellen und Fibrovasalstränge, welche letzteren aus jenen durch Metamorphose hervorgegangen sind. Die am Ende ihrer Entwickelung so hoch differenzierte Pflanze hat sich nur ganz allmählich ausgebildet, und wir begreifen nun zum erstenmale an der Hand unserer Untersuchung den Gedanken einer organischen Entwickelung, einer Aufeinanderfolge von Entwickelungsstufen, welche die Pflanze vor unserem Auge durchläuft; wir sind überrascht von den Lebenskräften aller dieser mikroskopischen Organe, die eine Art von physiologischer Persönlichkeit zu besitzen scheinen.“

In den beiden nächsten Kapiteln wollen wir nun die zwei Hauptgruppen des Pflanzenreiches einer näheren Betrachtung unterziehen.

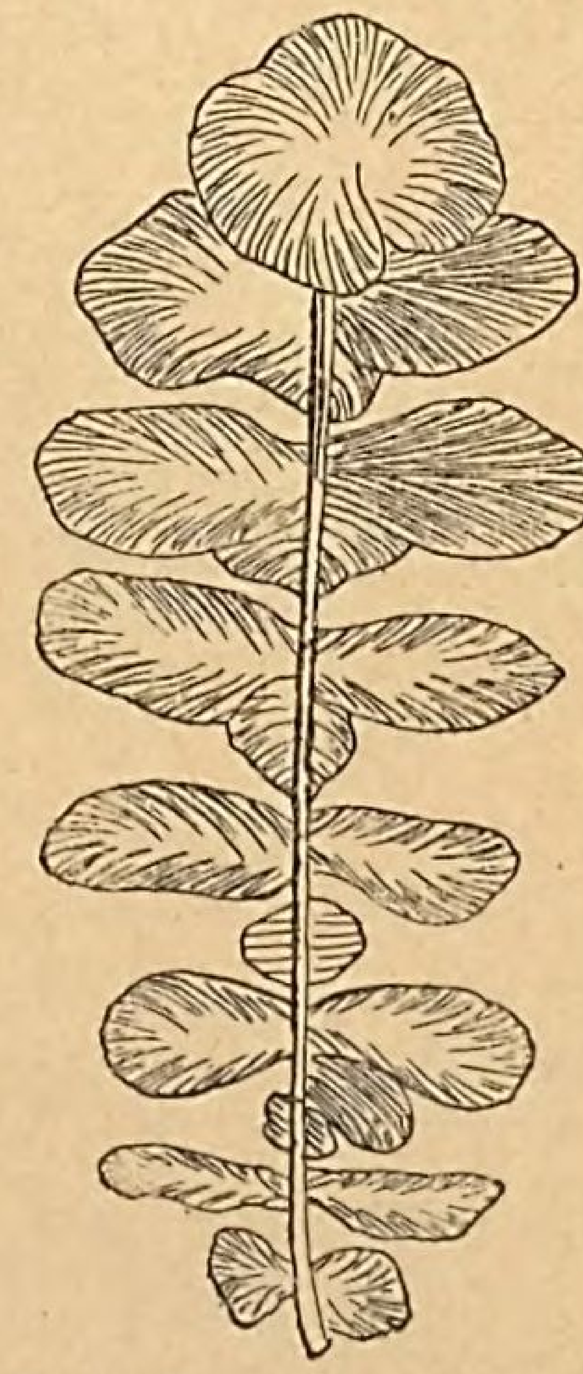
Zweites Kapitel.

Die Kryptogamen.

Als Kryptogamen („Verborgeneheliche") bezeichnete Linné alle jene Pflanzen, denen es an Blüten, die mit Staubgefäßen und Stempeln versehen sind, fehlt, und die keinen eigentlichen Samen hervorbringen. Nach seiner Meinung findet bei diesen Pflanzen eine geschlechtliche Fortpflanzung vielleicht statt, doch ist dieselbe — beziehungsweise sind die dazu erforderlichen Organe — äußerlich nicht wahrnehmbar. In Wirklichkeit besitzen aber die meisten als Kryptogamen bezeichneten Pflanzen die Eignung zur geschlechtlichen Fortpflanzung und die dazu nötigen Organe, und die letzteren sind zur Zeit mit wenigen Ausnahmen ganz genau bekannt. Der Name „Kryptogamen" ist daher seiner Bedeutung nach nicht mehr am Platze; doch hat sich derselbe dermaßen eingebürgert, daß er noch vielfach beibehalten wird.

Unter der Bezeichnung Kryptogamen werden diejenigen Pflanzenklassen zusammengefaßt, die Häckel (vgl. S. 497) in den Abteilungen der Tange, Pilze, Moose und Farne und den Hauptabteilungen der Thallus- und Vorkeimpflanzen vereinigt. Eine andere Einteilung ist diejenige in die Klassen der Algen, Pilze, Moose oder Bryophyten und Gefäßkryptogamen, die sich insofern von der Häckelschen Einteilung unterscheidet, als hier die Farne als eigene Klasse aufgeführt sind, während sie nach der anderen Einteilung nur eine Unterklasse der Gefäßkryptogamen darstellen.

Die Kryptogamen, die man wohl richtiger als „Blumenlose" bezeichnen kann, sind bis in die neueste Zeit ziemlich wenig beachtet worden. Erst als man sich näher mit denselben beschäftigte, erkannte man den außerordentlichen Reichtum an Formen und die einschneidenden Unterschiede im gröberen und feineren Bau derselben, die wieder so — man möchte fast sagen willkürlich — unter den verschiedenen Klassen und Gattungen verteilt sind, daß eine strenge Systematik auf die größten Schwierigkeiten stößt. Während bei Linné die Kryptogamen als 24. Klasse nur die Schwanzspitze seines ganzen Systems bildeten, umfassen sie jetzt, wo man von diesem künstlichen System zum natürlichen übergegangen ist, nicht weniger als dreizehn Klassen, wogegen die Zahl derjenigen der Phanerogamen oder Blumenpflanzen auf fünf zusammengeschrumpft ist. Von den dreizehn Klassen der Kryptogamen bilden vier die Hauptklasse der Algen oder Tange, zwei diejenige der Pilze, und diese beiden Hauptklassen vereinigen sich zu der Stammgruppe der Thalluspflanzen; drei weitere Unterklassen bilden die Hauptklasse der Moose, vier weitere diejenige der Farne, und aus diesen beiden setzt sich wieder die zweite Stammgruppe der Vorkeimpflanzen zusammen.


Aelteste Landpflanze.

Als Abbild der ältesten bisher bekannten Landpflanze hat Saporta den Abdruck eines farnkrautähnlichen Pflänzchens bezeichnet, der aus dem älteren Silur Frankreichs stammt, von anderer Seite aber als ein Gebilde von anorganischer Natur bezeichnet worden ist. In nebenstehender Abbildung nehmen sich die Blättchen zwar recht naturgetreu aus, und in gleicher Weise hat sie auch der berühmte Kenner der fossilen Pflanzenwelt dargestellt. Als aber andere Fachgelehrte den Originalabdruck, der auf einer Schieferplatte entdeckt worden war, genauer besichtigten, wollten sie erkennen, daß die vermeintlichen Blättchen nichts anderes seien, als Häutchen von goldglänzendem Schwefelkies, die sich durch Infiltration einem Sprunge im Schiefer entlang gebildet haben sollen. Auch

andere angebliche Pflanzenspuren aus jener alten Zeit sind später als solche von Kriechtieren oder geradezu als anorganische Reste erklärt worden.

Die Thalluspflanzen als niedrigste Stammgruppe des Pflanzenreiches sind noch nicht in die organischen Grundformen der höheren Pflanzen, in Wurzel, Stengel (Stamm) und Blatt unterschieden, sondern ihr ganzer Leib stellt eine aus einfachen Zellen zusammengesetzte Masse dar, den Laubkörper oder Thallus (vergl. Fußnote auf S. 489). Jene Differenzierung, durch welche die Ernährung der Pflanze aus dem Boden und der Luft auf verschiedene Organe (Wurzel und Blätter) übertragen wird, fehlt den Thalluspflanzen, und sie unterscheiden sich dadurch und durch zahlreiche andere Eigentümlichkeiten sowohl von den dem Unterreiche der Kryptogamen angehörigen Vorkeimpflanzen, als auch von denjenigen, die als „Offenblühende" oder Phanerogamen das zweite Unterreich und zugleich die höchsten Entwickelungsstufen des Pflanzenreiches darstellen. Vorkeimpflanzen und Phanerogamen können daher im Gegensatz zu den Thalluspflanzen zu einer Gruppe der Stockpflanzen oder Kormophyten vereinigt werden, deren charakteristisches Merkmal die Differenzierung in Achsorgane (Stengel und Wurzel) und Blattorgane ist und die gegenwärtig die Hauptmasse der Pflanzenwelt bilden, wogegen die Thalluspflanzen, namentlich die im Wasser lebenden Klassen derselben aller Wahrscheinlichkeit nach die einzigen Vertreter der Pflanzenwelt während des ganzen primordialen Zeitalters waren, jedenfalls aber diesem Zeitalter sein charakteristisches Gepräge verliehen haben.

Wir wollen nun die einzelnen Klassen der Stammgruppe der Thalluspflanzen der näheren Betrachtung unterziehen.

Die Algen sind fast ohne Ausnahme Wasserpflanzen; sie schwimmen entweder frei umher oder sitzen an anderen im Wasser befindlichen Gegenständen fest; zuweilen, aber doch seltener, kommen sie auch an der Luft auf feuchter Unterlage vor. Sowohl in der Bauart als auch hinsichtlich der Ausbildung ihrer Fortpflanzungsorgane herrscht bei den Algen große Mannigfaltigkeit; man findet alle Abstufungen, von den einfachsten bis zu hoch entwickelten Formen mit reicher Verzweigung und strauchartigem Habitus, die bereits die Anfänge einer Scheidung in Stamm und Blatt erkennen lassen.

Alle Algen enthalten Chlorophyll und vermögen infolgedessen organische Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasser zu bilden. In vielen Algen sind außer dem Chlorophyll auch noch andere Farbstoffe enthalten, die die grüne Färbung des ersteren oft ganz verdecken.

Von den einzelligen Algen, die übrigens dem Protistenreiche zugezählt werden müssen, ist die Familie der Diatomeen oder Bacillariaceen durch den eigentümlichen Bau ihrer Zellen und die besondere Art ihrer Vermehrung besonders ausgezeichnet; man hat die Angehörigen dieser Gruppe früher vielfach zum Tierreich gerechnet. Wir haben bereits in einem früheren Abschnitte gesehen, daß diese Pflanzen in ihren Kieselpanzern ein namhaftes Material zu den schichtenbildenden Ablagerungen geliefert haben. (Vergl. das 3. Kapitel des VII. Abschnittes.) Bei den Diatomeen findet sich neben der Vermehrung durch Teilung auch noch eine solche durch Auxosporenbildung. Hierbei tritt der Inhalt aus dem zweiteiligen, schachtelartig zusammengeklappten Panzer heraus und vereinigt sich entweder mit demjenigen eines zweiten Gehäuses oder wächst sich auch für sich allein zu einer größeren Zelle aus, worauf — in beiden Fällen — eine neue Verpanzerung und während einiger Zeit Fortpflanzung durch einfache Teilung stattfindet. Eine andere Gruppe einzelliger Algen, die sogenannten Cyanophyceen, vereinigen sich häufig in Fäden oder zu Haufen, die sich mit einer gemeinsamen Gallerthülle umgeben. Ihren Namen verdankt diese Gruppe dem Umstande, daß ihre Angehörigen in der Regel einen blaugrünen Farbstoff enthalten. Die Hauptform der Fortpflanzung ist diejenige der Teilung, doch kommt zu Zeiten auch die ungeschlechtliche Bildung von sogenannten Dauersporen vor, die von einer verhältnismäßig dicken Membran umschlossen sind und längere Zeit im Ruhezustand verharren, sogar während der zeitweiligen Trockenlegung ihres Standortes die Keimfähigkeit bewahren, bis endlich der geeignete Zeitpunkt zur Fortpflanzung gekommen ist.

Alle Algen mit reingrüner Farbe (Häckels „Grüntange", bei denen also das Chlorophyll nicht durch einen anderen Farbstoff verdeckt wird) werden in der Gruppe der Chlorophyceen oder Chlorospermen zusammengefaßt, innerhalb der indes große Verschiedenheiten in Bezug auf den Aufbau und die Fortpflanzungsweise herrschen. Auch die Gruppe der Melanophyceen (Häckels „Brauntange") oder Fucoideen, deren charakteristisches Merkmal ihre olivengrüne oder dunkelbraune Färbung ist, umfaßt Arten von mannigfaltigster äußerer Gestalt und Fortpflanzungsweise. Die Algen mit roter oder violetter Färbung werden als Rhodospermen, Rhodophyceen oder Florideen (Häckels „Rottange") zu einer fünften Gruppe vereinigt, die schon einen festeren Zusammenhang als die vorhergenannten zeigt, weil neben der Uebereinstimmung der Farbe auch eine solche im Aufbau des Thallus und der Vermehrungsart, wenigstens in den wesentlichsten Punkten vorhanden ist.



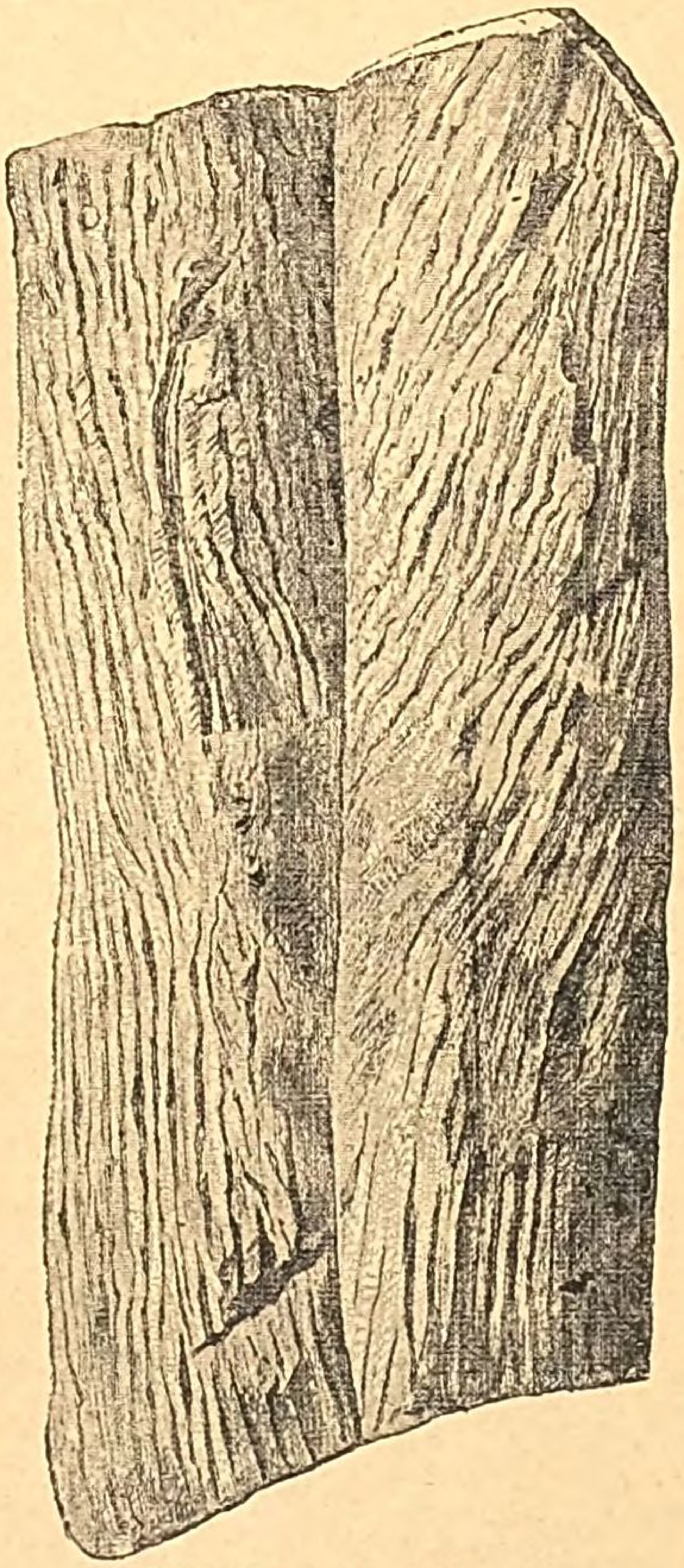
Der „Tangwald" mit seinen Riesenpflanzen.

Die Zahl der bekannten Algen-Arten beträgt etwa 5000. Ihre Verbreitung ist eine sehr ausgedehnte, manche Arten leben sogar auf den Schneeflächen der arktischen Gegenden sowie im Eise der Polarmeere und der Gletscher, andere wieder in heißen Quellen von verhältnismäßig hoher Temperatur. Dank dem geringen Lichtbedürfnis gedeihen manche Arten noch in Tiefen von über 100 m, andere hingegen verlangen eine starke Beleuchtung und gedeihen nur auf oder in der Nähe der Wasseroberfläche. Die Meeresalgen sind an Artenzahl ungefähr um das Doppelte reicher als die Formen des Süßwassers; auch finden sich unter den ersteren mit wenigen Ausnahmen die Gruppen der Melanospermen und Rhodospermen vollständig vertreten. Besonders unter den Melanospermen (schlechtweg auch Tange genannt) sind einige Arten mächtig entwickelt und es giebt solche, bei denen der Thallus bis zu 300 m Länge und darüber erreicht.

Manche Chlorospermen und Cyanophyceen treten zu gewissen Pilzen in ein merkwürdiges Verhältnis, das man Symbiose*) nennt, und aus welchem eine Gruppe von

*) Symbiose (griech. s. v. w. Zusammenleben) nennt man ein meistens auf gewissen Vorteilen für die Ernährung beruhendes, daher durch Anpassung herbeigeführtes Verhältnis, bei welchem — im Gegensatze zum Parasitismus — der Vorteil beiden Teilen zukommt. Während nämlich die Parasiten (Schmarotzertiere oder Schmarotzerpflanzen) auf Kosten desjenigen Organismus leben,

Gewächsen hervorgegangen ist, die man früher neben den Algen und Pilzen als dritte Abteilung der Thallophyten aufführte. Es sind dies die Flechten. Jede Flechte ist aus einer Alge und einem Pilze zusammengesetzt. Erstere vermag als chlorophyllhaltiger Organismus Plasma zu bilden, letzterer muß dieses behufs seiner Ernährung bereits gebildet vorfinden. Indem nun der Pilz als Schmarotzer auf der Alge sich niederläßt, fristet er sein Dasein von dem von jener bereiteten Nährstoffe. Die Pilzfäden umspinnen die einzelnen Algenzellen und gewähren ihnen so Schutz gegen außen. Das Ganze vereinigt sich zu dem einheitlichen Organismus einer Flechte, deren grüne, chlorophyllhaltige Zellen der Alge angehören, wogegen die farblosen Fäden (Hyphen), die die dicht verwebte Hauptmasse des Flechtenkörpers bilden, dem schmarotzenden Pilze entstammen. Je nachdem dieser letztere der Unterklasse der Schlauchpilze oder jener der Schwammpilze angehört, entsteht durch die Symbiose entweder eine Schlauchflechte oder eine Schwammflechte; die ersteren bilden die weitaus überwiegende Mehrzahl. Da der Pilz im Ganzen den überwiegenden Anteil an der Flechtenbildung hat, so müssen die Flechten natürlich der Pilzklasse zugeteilt werden, obwohl auch der Algen-Charakter in der Flechtenbildung oft vorherrscht.


Bilobites furcifera.

Eine weitere symbiotische Erscheinung ist das regelmäßige Auftreten mancher niedriger Algen in den Geweben oder Hohlräumen höherer Gewächse. So finden sich ganz regelmäßig Kolonien von Cyanophyceen in den Blättern und Intercellularräumen anderer Pflanzen. Auch in den Haaren mancher Tiere und in den Panzern einzelner Schildkröten finden sich gewisse Algenformen vor, ja man glaubt sogar Grund zu der Annahme zu haben, daß die grüne oder gelbe Färbung gewisser niederer Tiere von Algen herrühre, die symbiotisch in diesen Tieren leben und ihrerseits zu der Ernährung derselben beitragen.

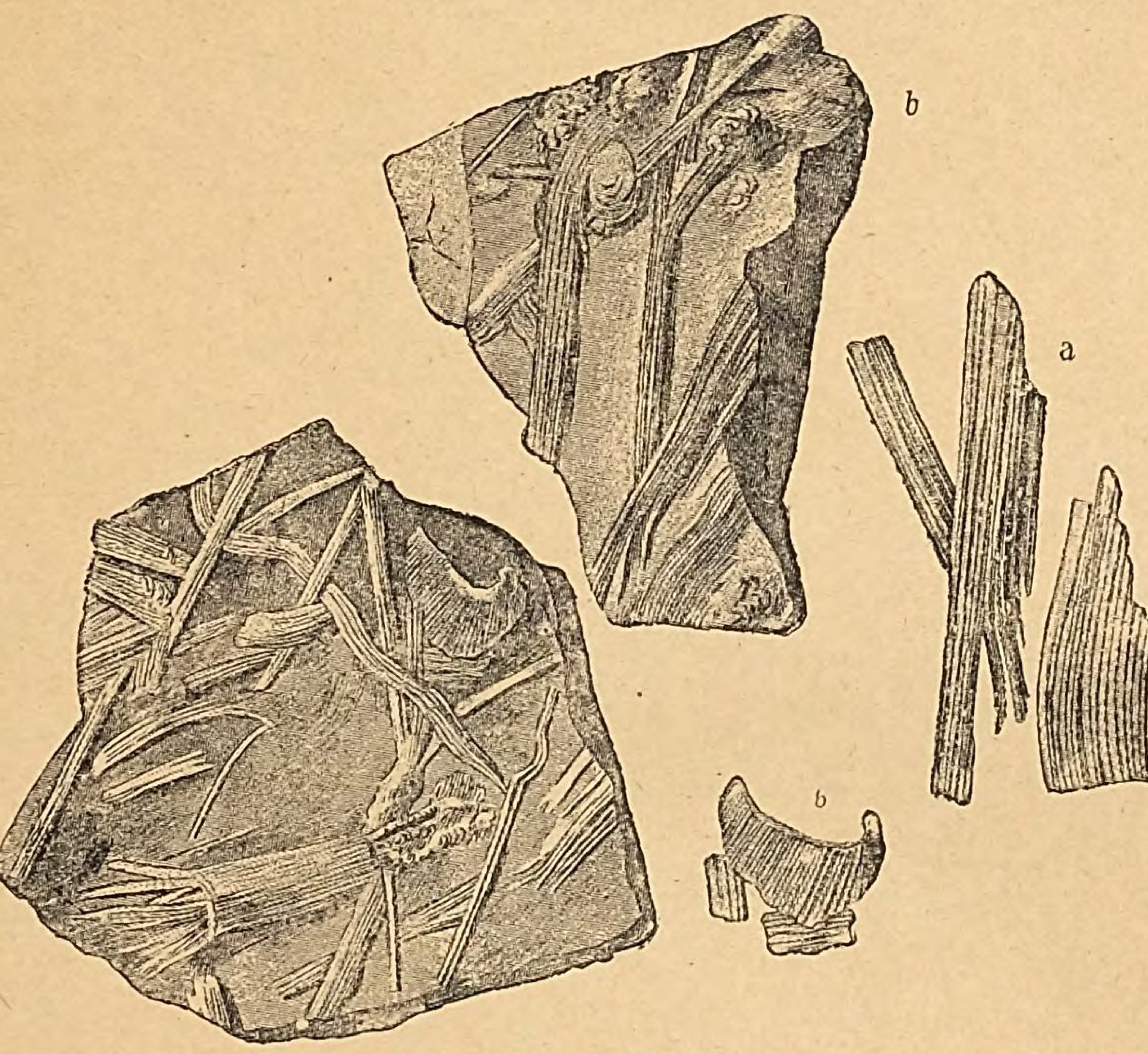
Als Uebergangsform zu den Moosen stellt Häckel noch eine besondere Klasse der Moostange auf, in welche er die tangartigen Armleuchterpflanzen und Glanzmoose, die in unsern Teichen und Flüssen oft dichte Bänke bilden, einreiht. Ihre grünen, fadenförmigen, quirlartig von gabelspaltigen Aesten umstellten Stengel erinnern an gewisse Formen der Schachtelhalme, und ihr anatomischer Bau, namentlich derjenige der Fortpflanzungsorgane nähert sich demjenigen der Moose; doch stehen sie auf einer weit tieferen Entwickelungsstufe als diese und reihen sich unmittelbar den Grüntangen an.

Unsere obenstehende Abbildung zeigt eine der Algenklasse angehörige Meerespflanze aus der Silurzeit, die den Namen „Bilobites“ d. h. „Zweilappige“ dem Umstande verdankt, daß sie aus zwei der Länge nach mit einander verwachsenen Cylindern besteht.

---

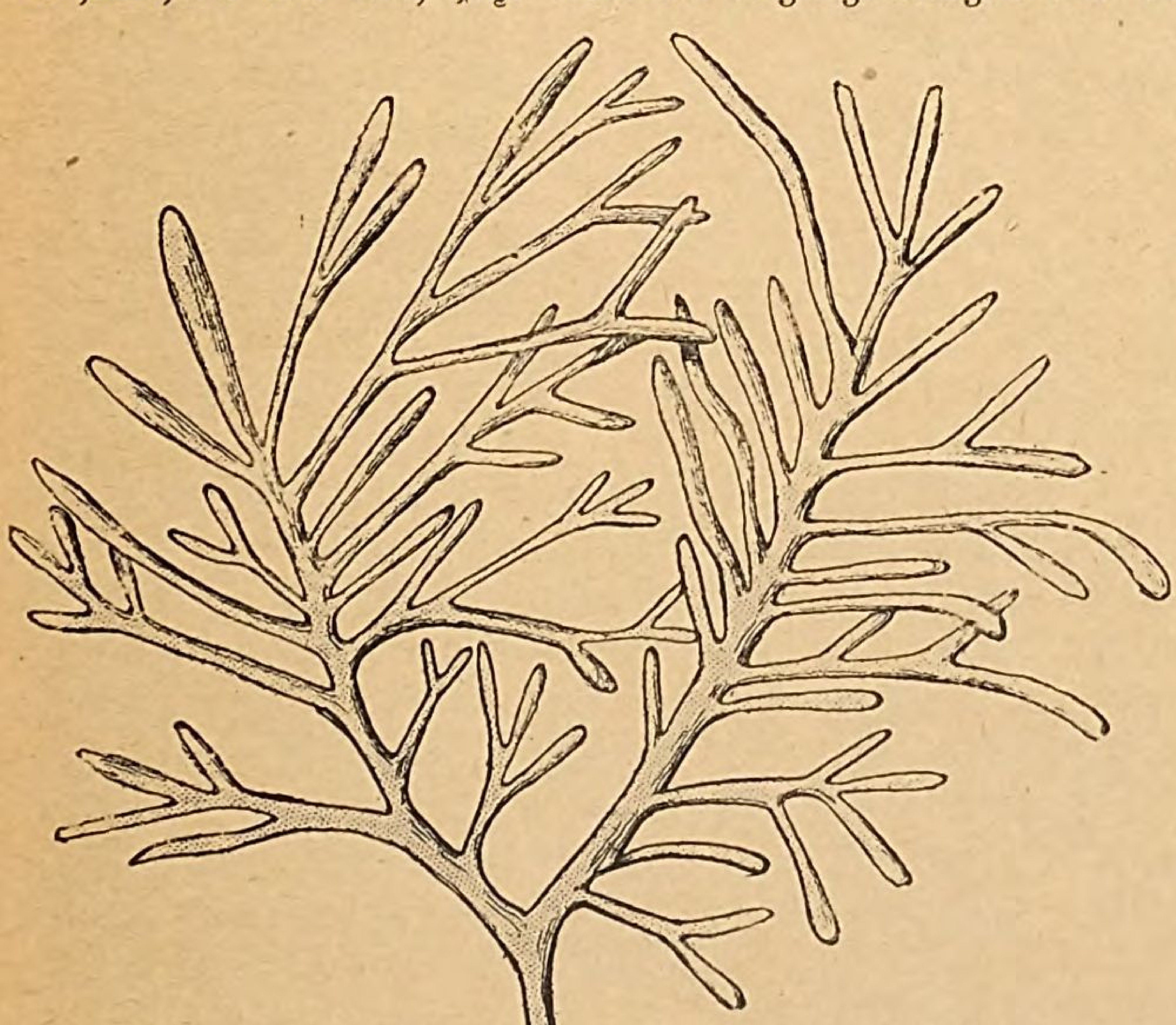
dem sie sich angeschlossen haben, so daß der „Wirt“ leer ausgeht oder mit Schaden fortkommt, beruht die Symbiose auf gegenseitiger Dienstleistung. Chlorophyllfreie Pflanzen können, wie schon erwähnt, nicht selbständig existieren; sie lassen sich daher auf grünen Pflanzen nieder, entziehen diesen die organischen Nährstoffe und schädigen damit deren Gedeihen in höherem oder geringerem Maße; das sind Parasiten. Ganz anders gestaltet sich aber das Verhältnis dann, wenn, wie dies bei den Flechten der Fall ist, der eine Organismus dem andern gewisse Vorteile zuwendet und dafür eben solche für sich selbst in Anspruch nimmt.

Da unsere Abbildung in der Hälfte der natürlichen Größe dargestellt ist, so läßt dieselbe auf ganz beträchtliche Maße der Gesamtpflanze schließen. Auch Eophyton Torrelli,



Eophyton Torelli.

dürfte der gleichen Algenklasse wie Bilobites angehören; diese Pflanzenreste, deren Abdrücke auf Sandsteinplatten aus dem unteren Silur von Skandinavien gefunden wurden und von denen a und b einige etwas vergrößerte Bruchstücke darstellen, zeigen zerrissene Blattstücke von verschiedener Größe und Gestalt, deren Oberfläche durchaus von zahlreichen, regelmäßig angeordneten Längsstreifen durchzogen sind. In der folgenden Abbildung erkennen wir einen Zweig von einer der Gattung der Chondriteen angehörigen Alge aus dem oberen Lias von Glarus; diese Gattung hat große Aehnlichkeit mit noch jetzt lebenden Algengattungen und bildete zweifellos denjenigen Typus

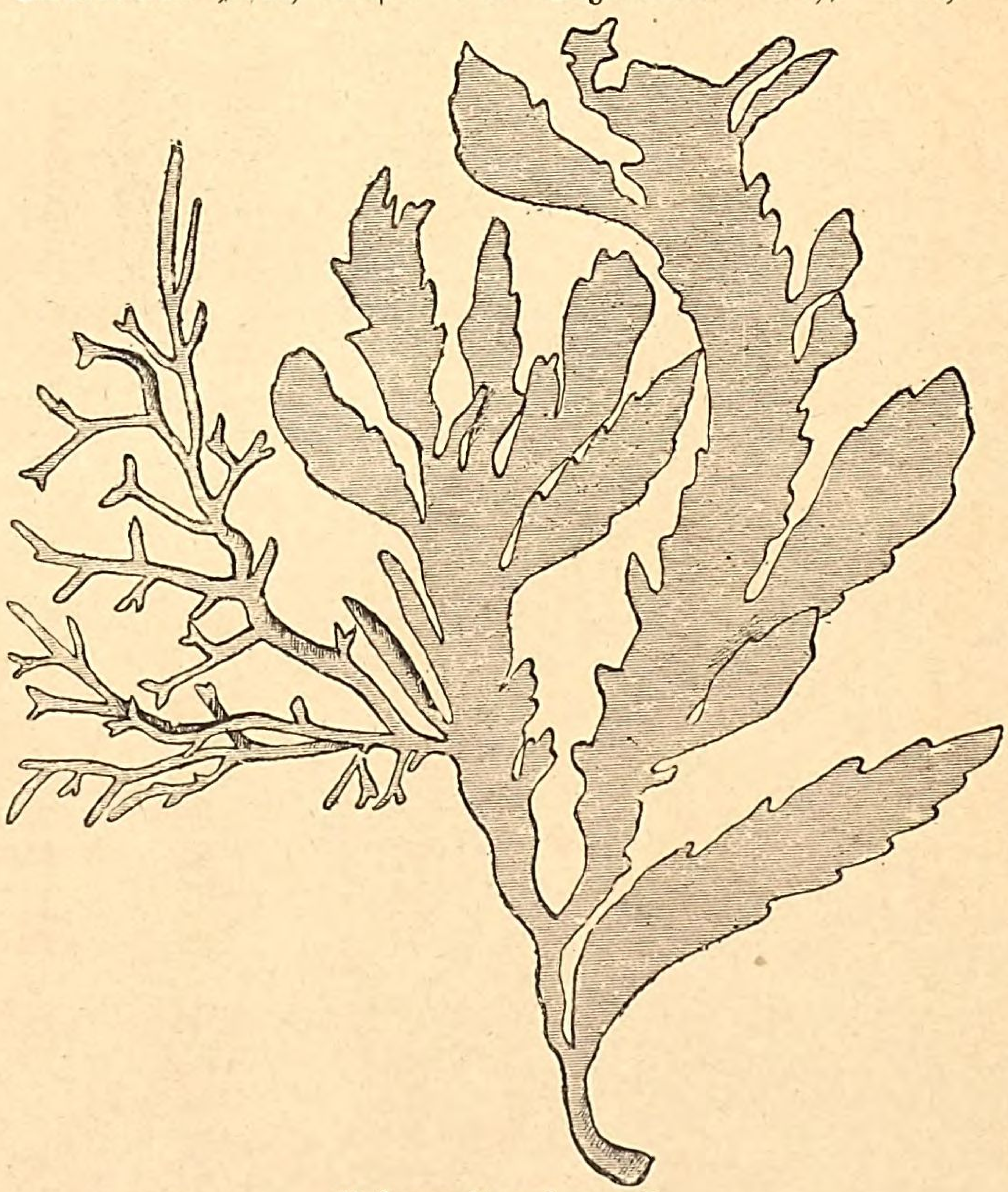


Chondrites bollensis.

pflanzlicher Organismen aus dem Urmeere, der am höchsten entwickelt war, und dieser Typhus hat sich bis an das Ende der Eocäne erhalten, also bis in eine Zeit, in welcher höhere Algenformen bereits ihr Maximum überschritten hatten. Saporta führt auf diejenige Gruppe der Algen, denen die Chondriteen angehören, die gesamten Algenformen der primordialen Zeit zurück.

Die Fucoideen und Florideen treten überhaupt erst in den eocänen Schichten der Tertiärzeit auf. Letzteren gehört die auf S. 522 abgebildete Pflanze (Halymenites Arnaudi) aus dem unteren Miocän an, die einen Thallus mit ver-

schiedenartigen Zweigen darstellt. Diese Algenklassen waren die Nachfolger einfacher, ein- oder wenigzelliger Algen, die vor ihnen den Meeresgrund belebten und zweifellos eine gewisse Aehnlichkeit mit den heutigen Siphoneen hatten. Diese Formen sind heute ausgestorben, haben aber nicht in den Meeren der Sekundärzeit gelebt, sondern treten — nach Saporta — nahezu unverändert und nur in bedeutenderen Dimensionen schon in so fernen Zeiten auf, daß man in ihnen die Repräsentanten der ältesten Differenzierungen des in seinen Anfängen stehenden Pflanzenreiches erkennen muß. Sie repräsentieren eine frühe Anpassung des pflanzlichen Organismus, welche im Kampfe ums Dasein zuerst Vorteile errang, nach längerer Lebensdauer jedoch verfiel und Organismen wich, welche infolge ihrer langsameren Differenzierung eine höhere Ausbildung erreicht hatten und anscheinend zwar weniger widerstandsfähig, aber dafür um so ausgiebiger und besser angepaßt, in Wirklichkeit trotz ihrer bescheideneren Größenverhältnisse stärker und mächtiger waren.



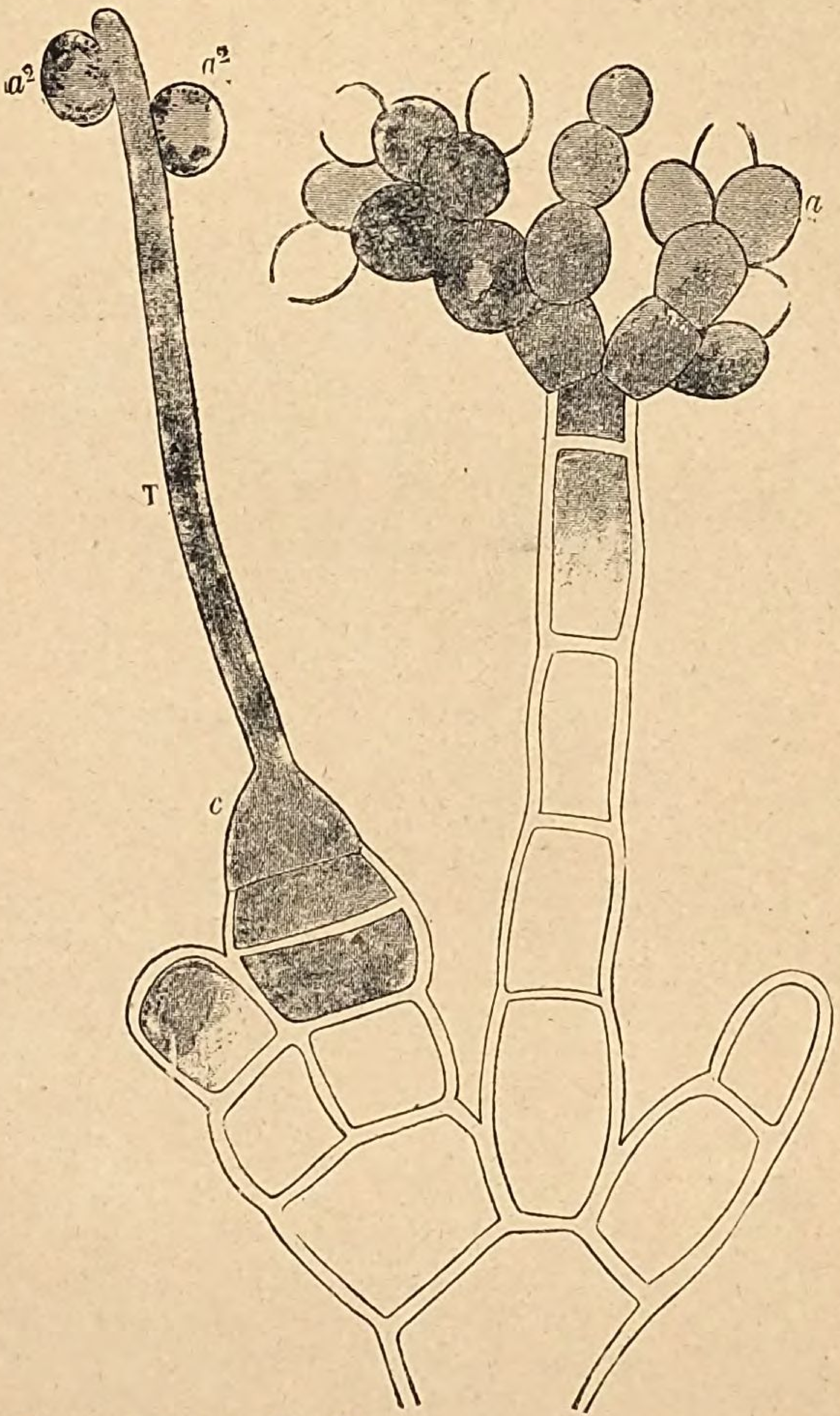
Halymenites Arnaudi.

Von den Verschiedenheiten in der Fortpflanzung der Algen ist schon mehrfach die Rede gewesen. Unsere Abbildungen auf S. 523 zeigen den Fortpflanzungsapparat einer der höchst entwickelten Algenklasse angehörigen Floridee. Die Fortpflanzungsverhältnisse sind hier auffallend verwickelt. Die männlichen Elemente bleiben unbeweglich, sie werden im Antheridium (dem Organe, in welchem die Antherozoiden oder die männlichen Geschlechtszellen gebildet und bis zur Reife verwahrt werden) erzeugt und gelangen zu dem weiblichen Organe, der Trychogyne (T) nur durch Vermittelung des Wassers. Die fadenförmige Trichogyne entwickelt sich aus dem meist vielzelligen Carpogon (c); sie nimmt die Antherozoiden auf (a 2) und hält sie fest, worauf diese mit ihr verschmelzen, ein Vorgang, den man Kopulation nennt und bei welchem der Inhalt der Antherozoiden unmittelbar in die Trichogyne eindringt. Bei einigen Florideenfamilien bilden die unter der Trichogyne gelegenen Zellen eine Fruchthülle, Cystocarp genannt, die von darunter hervorknospenden Zellen umhüllt wird; auch dieses Cystocarp entsteht in verschiedener Weise, bald aus der Basis der Trichogyne selbst, bald durch Bildung langer verzweigter Schläuche, die sich mit den Endzellen der benachbarten Aeste verbinden, worauf dann an diesen das wirkliche Cystocarp entsteht. Nebst diesem an sich schon genügend verwickelten Fortpflanzungsprozesse kommt es bei den Florideen — und gewiß auch bei den Fucoideen — auch zu einem Generationswechsel. Die Pflanzen, welche die geschlechtliche Fortpflanzung übernehmen, tragen

keine Brutknospen, sondern diese treten an anderen Pflanzen auf, die im übrigen mit den geschlechtlichen übereinstimmen.

Von den fünf Gruppen der Pilze fallen drei, nämlich die Spaltpilze oder Bakterien, die Mixomyceten oder Schleimpilze und die Phycomyceten oder Algenpilze in das Protistenreich, und es kommen hier nur noch die Ascomyceten oder Schlauchpilze und die Basidiomyceten oder Schwammpilze in Betracht. Von diesen vermehren sich die ersteren durch Sporen, die im Innern eines schlauchförmigen Organes (Ascodium genannt) durch Teilung einer Sporen-Mutterzelle in Ascosporen entstehen, wogegen sich die Schwammpilze durch äußere, am Gipfel einer — Basidium genannten — Sporenmutterzelle hervorsprossende Sporen fortpflanzen.





Fortpflanzungs-Apparat einer Floridee.

T Trichogyne. C Cystocarp, an der Basis der ersteren entwickelt.

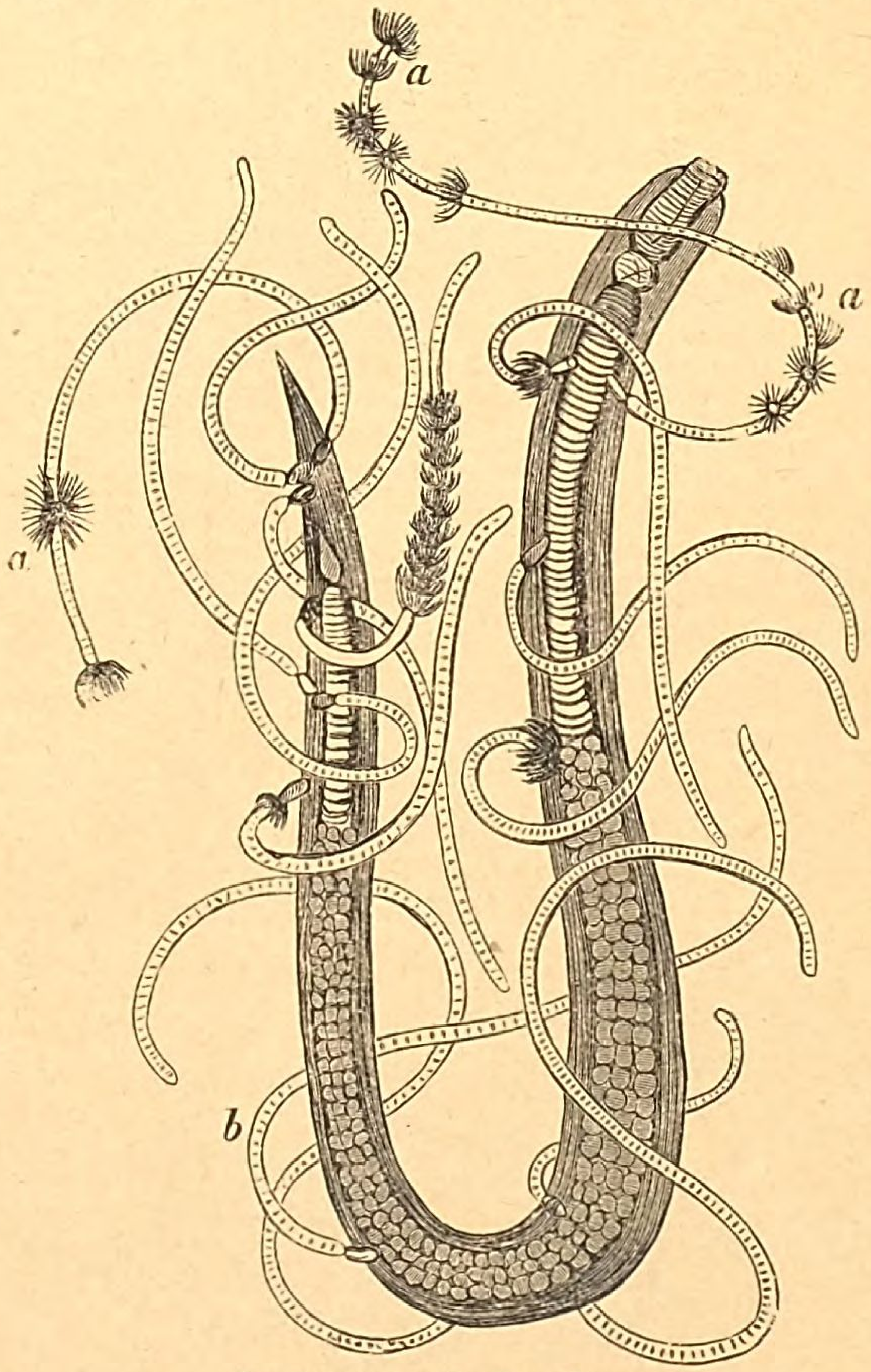
a_1 Antherozoiden, am Antheridium noch festhaftend. a_2 Dieselben in Berührung mit der Trichogyne. c Carpogon. T Trichogyne.

Da die Pilze kein Chlorophyll bilden, so bedürfen sie auch des Lichtes nicht und können in völliger Dunkelheit gedeihen. Man findet sie in Bergwerksschachten und Brunnen in üppigster Entwickelung. Manche Arten verändern ihre Form, je nachdem sie im Licht oder im Dunkeln gedeihen, so der auf S. 525 abgebildete Hutpilz, der im Dunkeln seinen Stiel zu einem fadenförmigen Schlauch umgestaltet hat, und dessen verkümmerter Hut nur noch ein überflüssiges Anhängsel (Rudiment) bildet.

Die Verbreitung der Pilze ist eine außerordentlich weite, da überall, wo noch Pflanzen und Tiere leben können, auch Pilze die nötigen Bedingungen für ihre Entwickelung finden.

Gewisse Schimmel- und Hefepilze sind geradezu über alle Zonen der Erde verbreitet. Besonders häufig treten Pilze an solchen Orten auf, wo durch reichlich gebotene organische Nahrung und viel Feuchtigkeit die günstigsten Bedingungen für Wachstum und Fortpflanzung gegeben sind.

Von dem Schmarotzerleben, das in der organischen Welt so häufig vorkommt, giebt das nachstehende Bild ein recht anschauliches Beispiel: Es zeigt einen Spulwurm, der im Magen des Tausendfüßlers vorkommt, also an und für sich schon ein Schmarotzerdasein führt. Aber er muß es sich gefallen lassen, daß Berufsgenossen (b) aus dem Pflanzenreich sich häuslich auf ihm niederlassen, und auch auf diesen suchen noch kleinere parasitische Pflanzen (a) ihr Unterkommen.



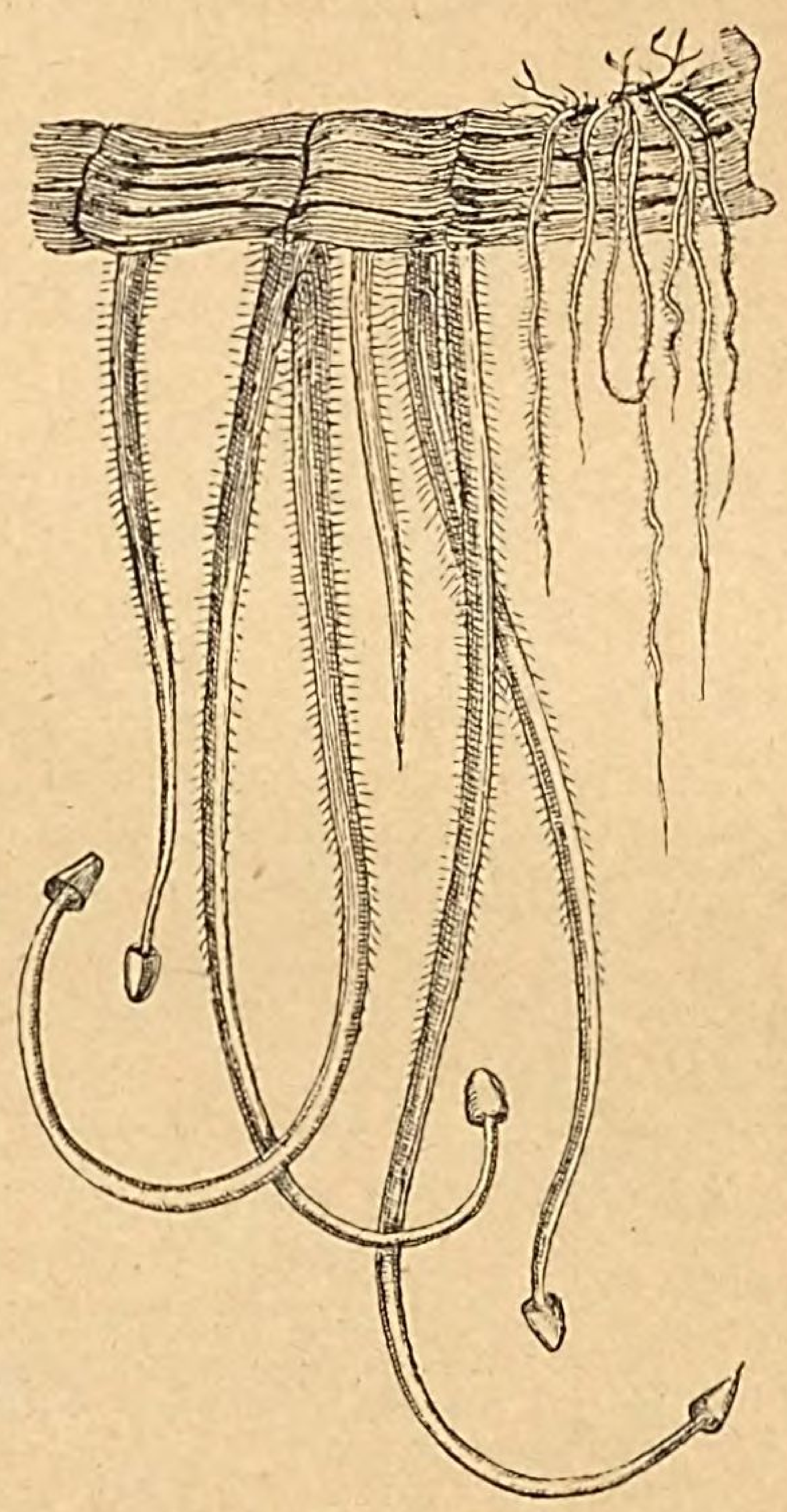
Spulwurm mit Parasiten.

Vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte sind die Pilze, weil außerhalb der allgemeinen Entwickelungsreihe gelegen, von geringem Interesse, zumal da auch nur wenige Spuren derselben aus früheren Zeitaltern aufgefunden worden sind. Man möchte die Pilze als ein von vorn herein mißratenes Geschlecht bezeichnen, das trotz seiner zähen Lebensfähigkeit im buchstäblichen Sinne des Wortes „auf keinen grünen Zweig" kommen kann, es wäre denn ein annektierter. An mehreren Hölzern aus der Steinkohlenzeit und auch aus anderen Formationen hat man Teile (Mycelien) von Schmarotzerpilzen gefunden, und auch auf fossilen Blattresten lassen sich da und dort solche nachweisen, doch bleiben solche Funde immer nur vereinzelt und geben wenig Aufschluß über die Vergangenheit dieser Pflanzenklasse.

Die Bedeutung der Thalluspflanzen kennzeichnen Saporta-Marion in folgender Weise: „Bei den Pilzen brauchen wir uns nicht weiter aufzuhalten; es sind Organismen ohne erhebliches Anpassungsvermögen, welche infolge ihrer parasitären Lebensweise in ihrer Entwickelung zurückgehalten sind, und denen selbst das für die Pflanzen so charakteristische und unentbehrliche Chlorophyll fehlt. Auch den Flechten, gleichsam künstlichen Pflanzen, welche aus der Vereinigung eines Pilzes und einer Alge entstehen, brauchen wir keine besondere Beachtung zu widmen, da ihre Entwickelung nur auf Differenzierungen untergeordneter Art hinausläuft. Sie treten in den ersten kryptogamen Landfloren auf und es sind sogar Pilzmycelien in fossilem Holze aus der Steinkohlenperiode Europas und Amerikas beobachtet worden.

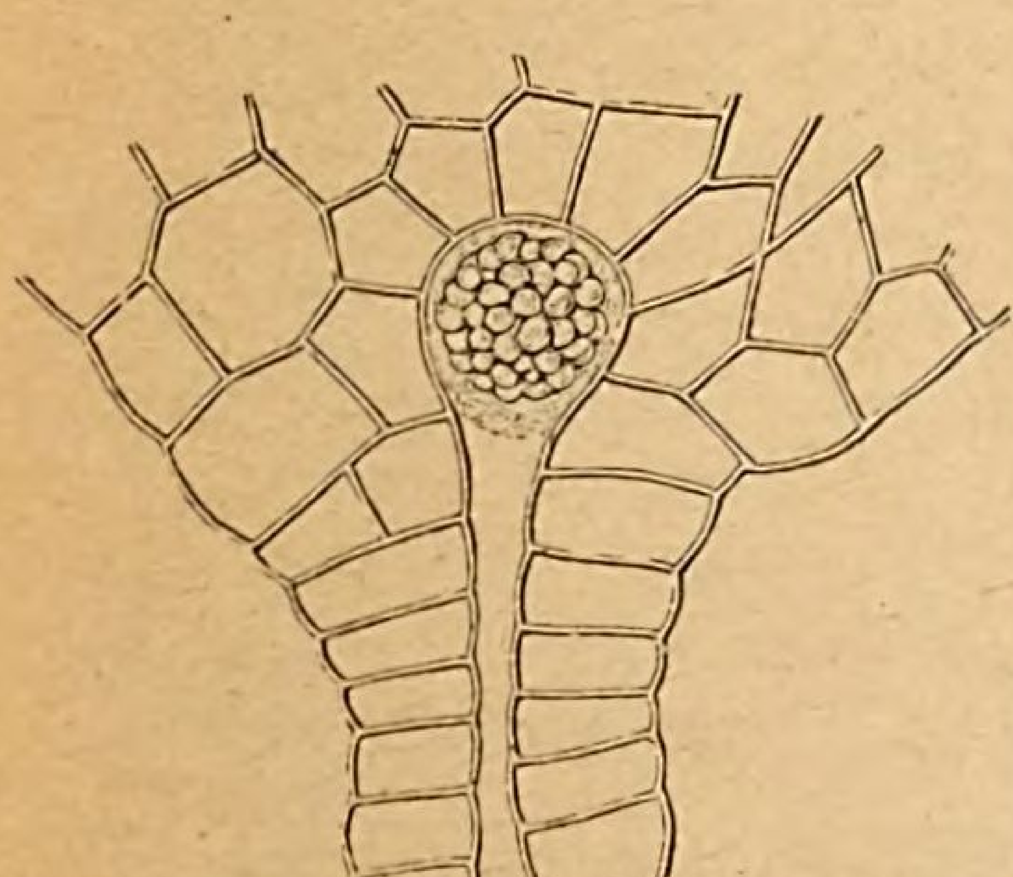
Die rein marinen Schichten der Sekundärzeit waren der Erhaltung dieser Pflanzen nicht günstig; dagegen findet man ihre Ueberreste in den Süßwasserablagerungen der Tertiärzeit. Uebrigens scheinen diese sehr schlecht erhaltenen Reste Formen angehört zu haben, die von den jetzt lebenden nicht verschieden sind. Offenbar haben die mannigfaltigen Ver-

änderungen, welche die Landpflanzen beeinflußten, auf diese Parasiten nur eine sehr geringe Wirkung ausüben können, da sie für ihre Entwickelung nur Feuchtigkeit und lebender oder zersetzter pflanzlicher Gewebe bedürfen, und da diese Bedingungen ohne tiefer greifende Schwankungen während der gesamten geologischen Entwickelung auf dem festen Lande überall erfüllt waren. In gewissem Grade gelten diese Bemerkungen auch für die Algen, welche im Verlaufe ihrer Entwickelung das Wasser nicht verlassen haben, also in einem Medium geblieben sind, in dem alle biologischen Veränderungen, welche die Landkryptogamen bildeten, nur sehr unbedeutende Wirkung hatten. Auch ist die Differenzierung der Algen eine sehr langsame gewesen und hat nicht so kompliziert gebaute Typen hervorbringen können, wie die von ihnen ausgehenden Formen der Landflora. Diese Erwägung müssen wir aber erst durch eine eingehende Untersuchung der ganzen Entwickelungsreihe, die in ihrer gegenwärtigen Bedeutung, wie in ihrer Vergangenheit scharf begrenzt ist, deutlich machen."



Unterirdisch vegetierender Hutpilz.

Wir gehen nun zu der Stammgruppe der **Vorkeimpflanzen** über, welche auch mit dem Namen der **Archegoniaten** bezeichnet werden, weil für sie das **Archegonium**, das weibliche Geschlechtsorgan, charakteristisch ist. Unsere untenstehende Abbildung stellt ein solches nebst der darin eingeschlossenen Eizelle dar. Die Entwickelung dieses Organs schildert Braß in folgender Weise: „An einer aufgetriebenen Keimstätte setzt sich ein längerer Schlauch an, der aus einzelnen Zellen gebildet wird; der letztere wird als „Hals" bezeichnet, die Auftreibung als „Bauch". Sowohl im Hals- als auch im Bauchteile findet sich central ein schlauchförmiger Zellstrang; die Halszellen sind schmal, die Bauchzellen erweitert, die innerste der letzteren reift zur sogenannten Eizelle heran. Sie zeigt deutlich ein Keimbläschen oder einen Kern und außerdem ein hüllenloses Plasma, welches ebenfalls in concentrischen Schichten etwas differenziert ist. Die in einer Linie über dieser Eizelle liegenden Bauch- und Halszellen behalten ihren Charakter nicht lange, sondern gehen bald zu Grunde; sie zerfallen, ihr Inhalt wird schleimig und bildet einen Kanal, durch welchen die Antheridien oder Schwärmzellen eindringen können, um dann zur Keimzelle zu gelangen. So wie letztere mit den Antheridien in Verbindung getreten ist, umgiebt sie sich mit einer festen Membran und stellt so ein befruchtetes Ei dar." Beiläufig sei bemerkt, daß man auch bei den Nadelhölzern den weiblichen Geschlechtsapparat als Archegonium bezeichnet, weil derselbe in wesentlichen Punkten mit demjenigen der Vorkeimpflanzen übereinstimmt.



Archegonium mit Eizelle.

Häckel bezeichnet die Vorkeimpflanzen auch als **Diaphyten** oder **Mesophyten**, d. i. **Mittelpflanzen**, weil sie sowohl in morphologischer als auch in stammesgeschichtlicher Beziehung eine Mittelstellung zwischen den niederen Thalluspflanzen und den höheren Phanerogamen oder Blumenpflanzen einnehmen. Mit Ausnahme weniger der untersten Stufen findet sich bei ihnen schon allgemein die Sonderung des Pflanzenkörpers in Achsen-

und Seitenorgane (erstere in Stengel und Wurzel, letztere in den Blättern bestehend). Durch diese Gliederung nähern sich die Vorkeimpflanzen den Blumenpflanzen, während sie mit den Thalluspflanzen noch den Mangel einer Blumen- und Samenbildung gemein haben. Als Vorkeim- oder Prothalluspflanzen wird diese Gruppe deshalb bezeichnet, weil sich in ihr ein sehr eigentümlicher und charakteristischer Generationswechsel in der individuellen Entwickelung findet. Jede Art tritt nämlich, wie Häckel schreibt, in zwei verschiedenen Generationen auf, von denen man die eine gewöhnlich als Vorkeim oder Prothallium bezeichnet, die andere dagegen als den eigentlichen Stock dieser Pflanze betrachtet. Der Vorkeim oder Prothallus steht noch auf der niederen Formbildungsstufe, die den Thalluspflanzen zeitlebens eigen ist und sein ganzer zelliger Körper stellt einen einfachen Thallus dar.

Unsere nebenstehende Tafel stellt eine Anzahl von Typen der Diaphytengruppe und behufs Vergleichung auch einige Algen dar, durch welche die Fortpflanzungsverhältnisse veranschaulicht werden sollen. In Fig. 1 sehen wir einen sogenannten Wasserfarn aus der Familie der Konferven, die zur Klasse der Grüntange aus der Stammgruppe der Thalluspflanzen gehört. Vergleichen wir damit Fig. 4, die einen Laubmoosvorkeim, d. i. die erste ungeschlechtliche Generation der Laubmoose, darstellt, so erkennen wir eine sehr große Aehnlichkeit zwischen dieser Entwickelungsform und der reifen Alge; wir sehen ein einfaches fadenförmiges Prothallium, aus dem dann durch Knospung die zweite geschlechtliche Generation derselben Pflanze entsteht, die in Fig. 5 abgebildet ist.

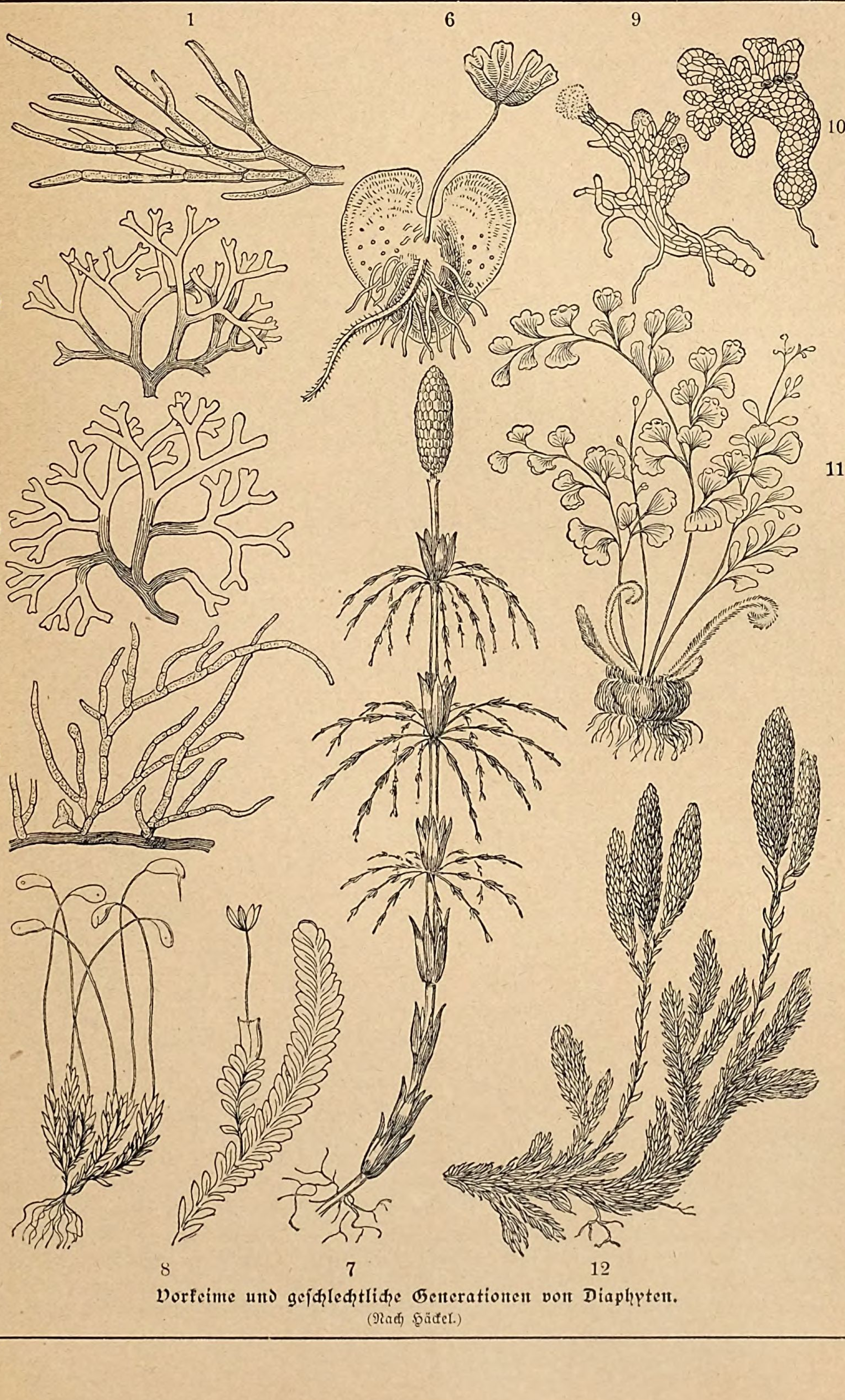
Fig. 2 zeigt uns den gabelteiligen Thallus eines Brauntanges, also gleichfalls einer niederen Algenklasse. Das Seitenstück dazu, Fig. 3, ist der gabelteilige Thallus eines niedersten Lebermooses; man sieht schon an der Form die außerordentlich nahe Verwandtschaft zwischen diesen beiden Pflanzenklassen, die zwei verschiedenen Stammesgruppen angehören, entwickelungsgeschichtlich aber miteinander eng zusammenhängen.

Fig. 8 ist der beblätterte Stamm eines Blatt- oder Lebermooses, der die älteste Form der Stockpflanzen repräsentiert. Dem linksseitigen Aste entsprießt an seiner Spitze eine Sporenkapsel, deren vier Klappen bereits aufgesprungen sind und sich auseinandergefaltet haben.

Die Fig. 6 und 7, 9 bis 12 stellen verschiedene Entwickelungsformen von Farnen dar. Fig. 6 ist das Prothallium (der geschlechtliche Vorkeim) eines Venushaar-Farnkrautes vom Typus der Laubfarne, wogegen Fig. 11 die aus den befruchteten Eiern des ersteren entwickelte, ungeschlechtliche zweite Generation, das Farnkraut mit Stamm und Blättern darstellt. Am Rande der Blätter entstehen Sporenkapseln, aus deren Sporen sich neuerdings der Vorkeim entwickelt. Fig. 9 zeigt uns das geschlechtliche Prothallium, Fig. 7 die zweite ungeschlechtliche Generation des Waldschachtelhalmes vom Typus der Schaftfarne. In Fig. 10 und 12 erblicken wir endlich das geschlechtliche Prothallium und den geschlechtlosen Stock der zweiten Generation des Schlangenbärlapps vom Typus der Schuppenfarne.

Die untere Abteilung der Vorkeimpflanzen bilden die Moose. Diese Abteilung umfaßt drei Gruppen, und zwar diejenigen der Lager-, Blatt- und Laubmoose. Die Blattmoose bilden den Uebergang von den erstgenannten zu den Laubmoosen, und zwar sowohl hinsichtlich ihres Baues als auch ihrer stammgeschichtlichen Beziehungen. Sie gliedern sich in die beiden Ordnungen der Radulinen und Sphagnodinen, von denen die erstere früher mit den Lagermoosen unter der Bezeichnung als Lebermoose vereinigt wurden, wogegen die Sphagnodinen (auch Torfmoose genannt) meistens mit den Laubmoosen zusammengestellt wurden.

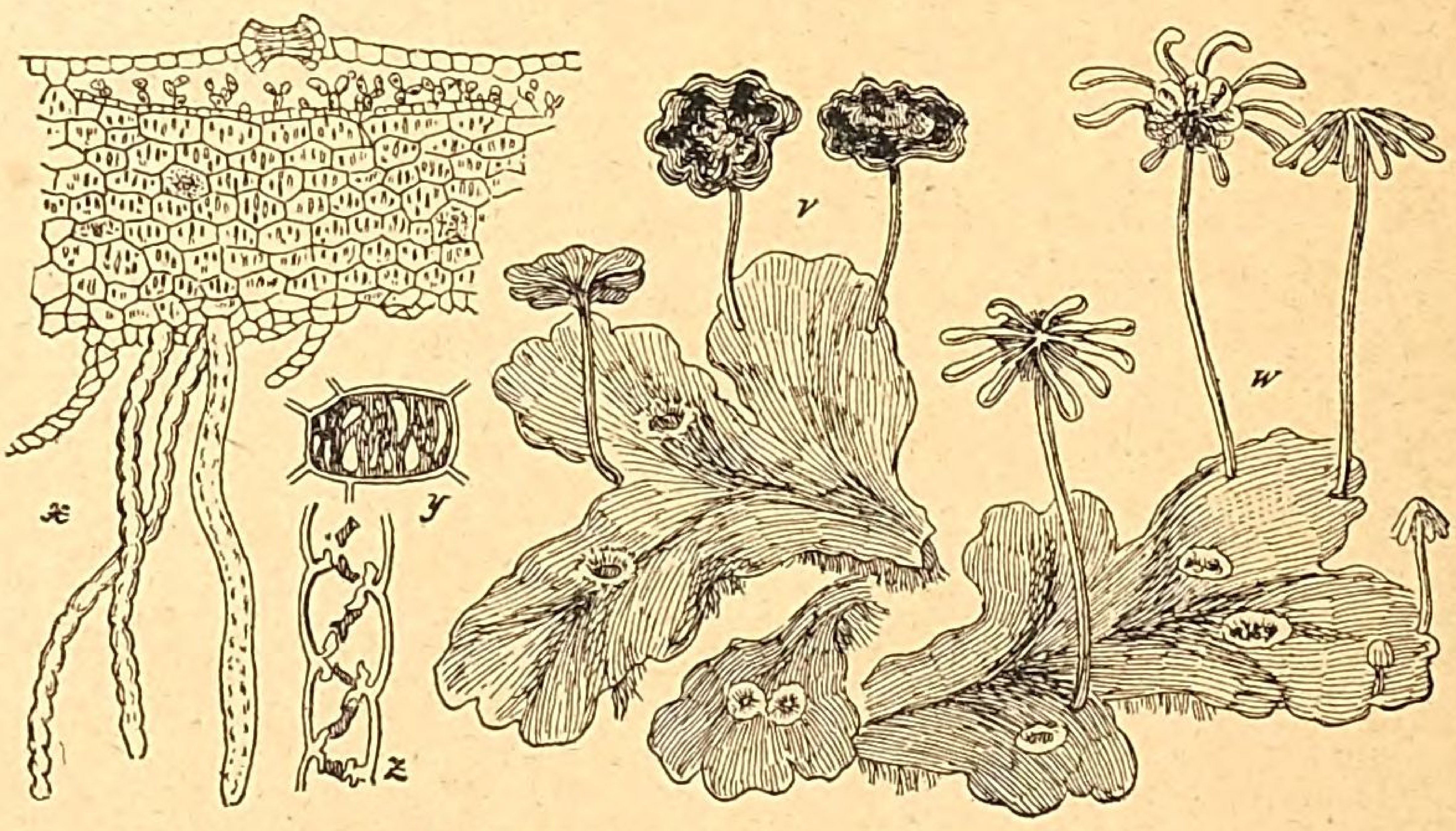
Bei den Lagermoosen oder Thallobryen finden wir noch die einfache Thallusbildung, wie sie den Grüntangen, von denen sie abstammen, eigen ist. In ihren einfachsten Formen schließen sie sich auch noch unmittelbar an die Algen an, besitzen kein selbständiges Prothallium und machen folglich auch keinen Generationswechsel durch. Bei den Ricciaceen sind die Sporogonien sogar in dem algenförmigen Thallus bezw. dem Archegonium noch eingeschlossen und zeigen durchaus keine hervorragende Differenzierung, wogegen sie bei den Marchantien an langen Stielen frei hervortreten. Unsere Abbildung auf S. 528 zeigt den



Vorkeime und geschlechtliche Generationen von Diaphyten.

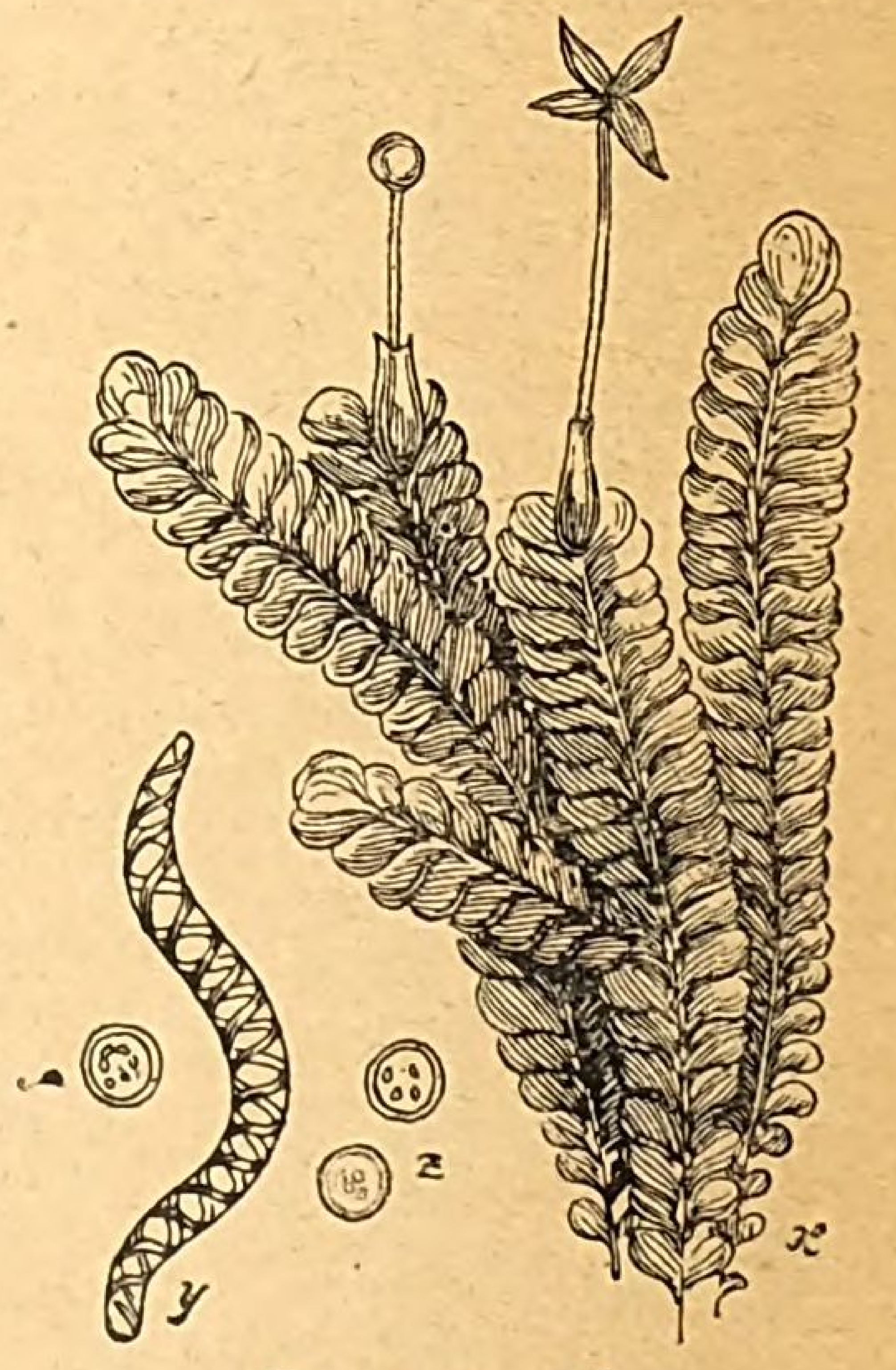
(Nach Häckel.)

Thallus und die Fortpflanzungsorgane des **Leberkrautes** (Marchantia polymorpha). Wir sehen bei x den Querschnitt durch den Thallus, bei y eine Thalluszelle mit netzartiger Wandverdickung, bei z ein **Rhizoidenstück**. (Die **Rhizoiden** stellen die Verbindung der Pflanze mit dem Boden her, erinnern daher an die Wurzeln der höheren Pflanzen, weshalb man ihnen auch diesen Namen, der im griechischen s. v. w. wurzelähnliches Gebilde bezeichnet, gegeben hat.) Diese Rhizoiden sind bei der Marchantia einzellige, schlauchförmige Gebilde von ziemlicher Länge, die an ihren Wänden eigentümliche zackenförmige Verbindungen besitzen. Bei v sehen wir die männlichen und bei w die weiblichen Fortpflanzungsorgane (**Receptakeln**) auf hohen Stielen vom Thallus emporsprießen. Das Archegonium sitzt bei letzterem in den Geweben des unteren Teiles des Receptakels, während die Antheridien des männlichen Receptakels sich an der Oberfläche desselben bilden.



Marchantia polymorpha (Leberkraut).

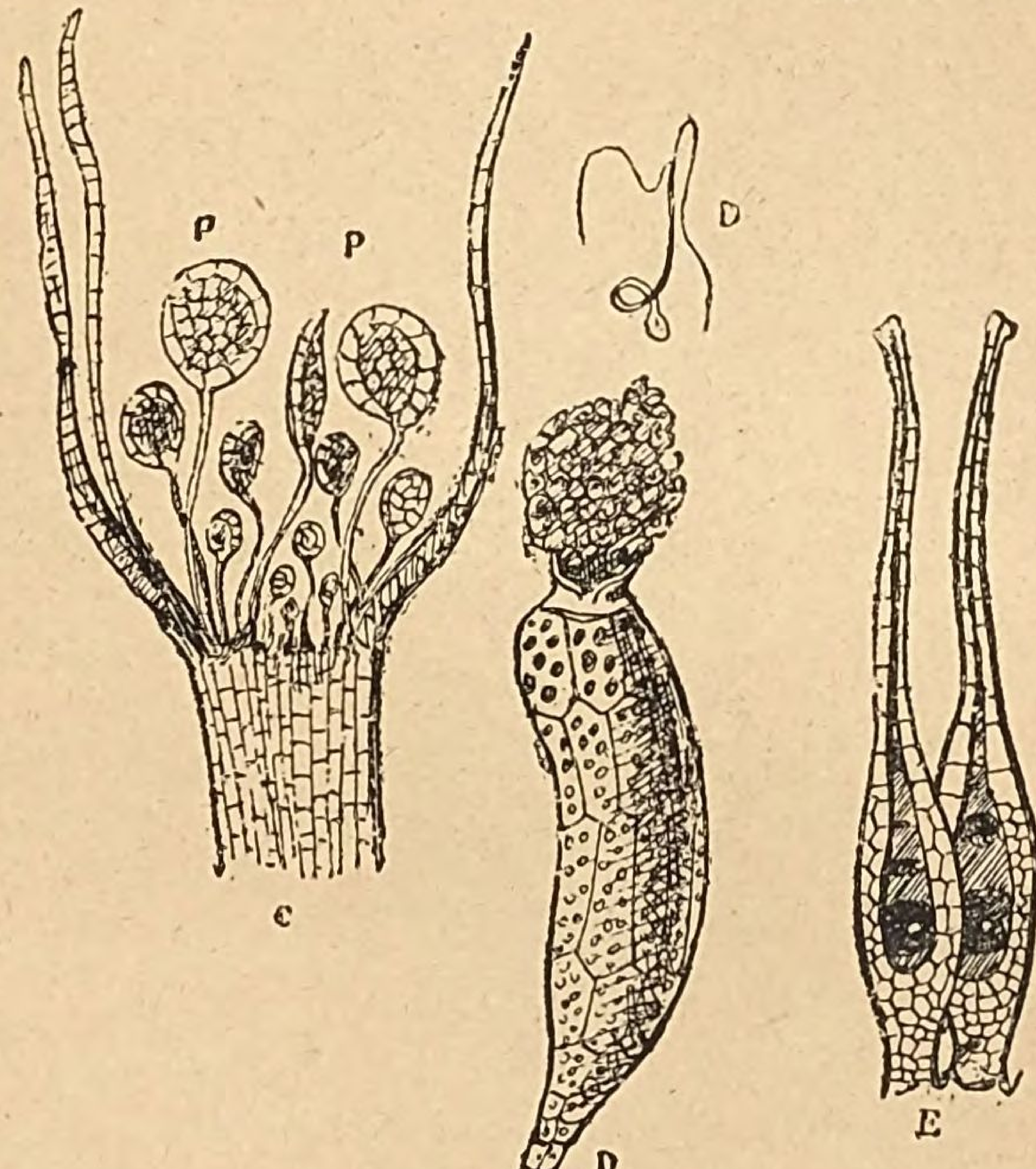
Eine andere Ordnung der Lebermoose, die Jungermanniaceen, zeigen eine Differenzierung des Thallus in verschiedener Richtung. Einige Gattungen dieser Ordnung haben einen flachen und blattlosen Thallus, andere bringen scharf abgesetzte Blätter hervor, während die Achse einen cylinderförmigen Faden bildet. Die Sporogonien bilden sich in den Archegonien und differenzieren sich in einen Stiel und eine Kapsel, in welcher die Sporen entstehen. Sobald letztere den Zustand völliger Reife erlangt haben, zerreißt durch plötzliches Wachstum des Stieles der Gipfel des Archegoniums, und das Sporogon tritt frei hervor. Unsere Abbildung zeigt die mit Blättern besetzten Stämmchen (x), von denen eines eine noch geschlossene, ein anderes eine aufgesprungene Kapsel zeigt; y stellt das schleuderartige Organ vor, das die Sporen z zu Tage fördert.



Jungermannia.

Die **Laubmoose** bilden die formenreichste Unterklasse der Moose und stellen überhaupt das bedeutendste Kontingent zu dieser Hauptklasse. Ihnen gehören die meisten jener zierlichen Pflanzen an, die den Moosteppich unserer Wälder bilden und neben Flechten und Lebermoosen den schützenden Ueberzug der den scharfen Winden ausgesetzten Seite der Baumstämme bilden. Die Laubmoose teilen sich in Stamm und Blatt; ihr Gewebe besteht aber nur aus Zellen. Bei den meisten Laubmoosen keimt nach Saporta-Marion die vom Sporogonium losgelöste Spore zu verzweigten Zellfäden aus, welche an manche Fadenalgen erinnern und den ersten Zustand des geschlechtlichen Thallus, das **Protonema**, darstellen. Durch seitliche Sprossung entsteht aus diesem die eigentliche Laubmoospflanze, die sich durch

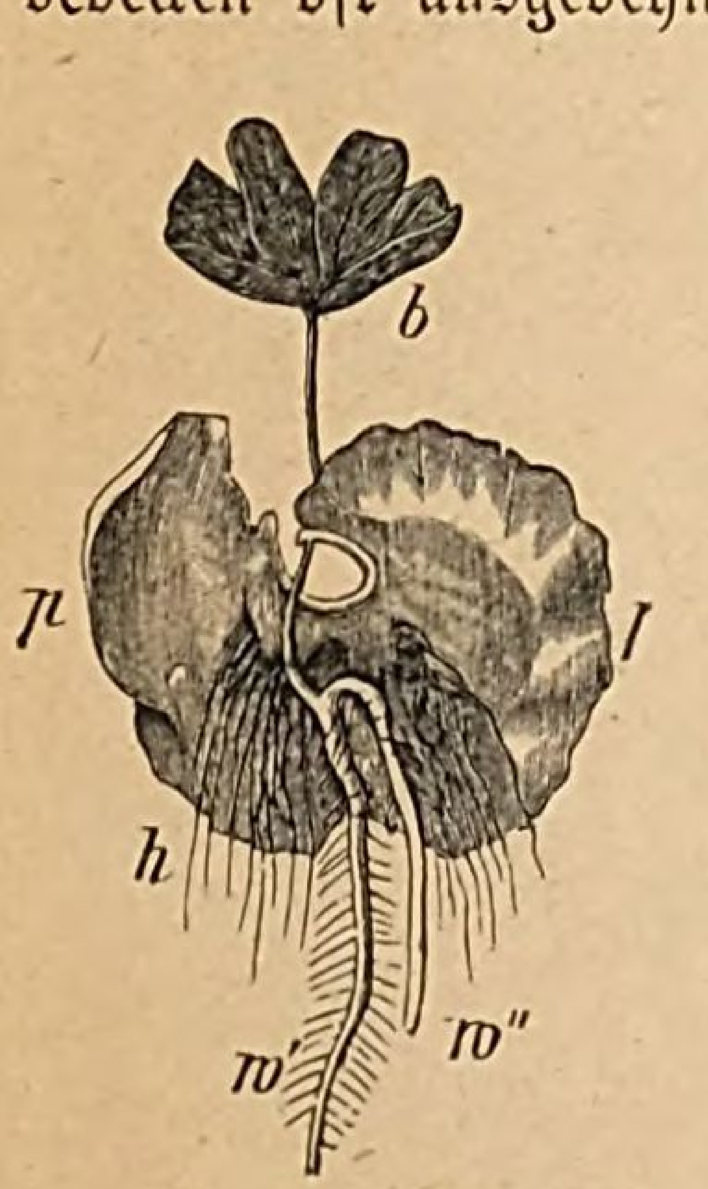
Wurzelfäden am Boden befestigt und lanzettförmige, abgerundete oder nadelförmige Blätter trägt. Auch entstehen auf kurzen unterirdischen Seitenzweigen des Vorkeimes vielzellige Brutknollen, die wieder neues Protonema erzeugen, und auch an den Rhizoiden des beblätterten Moosstammes bilden sich solche Brutknollen; treten die reichverzweigten Rhizoiden aus dem Boden heraus, so entwickeln sie sich zu Vorkeimen und diese bringen neue Moosknospen hervor. Ja selbst die Blätter vieler Laubmoose vermögen aus beliebigen Zellen Vorkeime zu entwickeln, so daß die ungeschlechtliche Vermehrung der Laubmoose die umfangreichste des ganzen Pflanzenreiches ist. Unsere Abbildung zeigt in C ungeschlechtliche Brutknollen 2c., wie sie an der beblätterten Moospflanze entstehen; D ist ein Antheridium, D_1 ein Antherozoid, E das Archegonium eines Laubmooses.



Reproduktionsorgane eines Laubmooses.

Bei diesen drei Gruppen hat das Prothallium eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer; es stirbt bald nach der Befruchtung ab, und die sich nunmehr entwickelnde ungeschlechtliche Generation bleibt lange erhalten. Bei den Moosen hingegen ist es umgekehrt; die Moosfrucht stirbt bald nach der Reife der Sporen ab, während die aus den Sporen hervorgewachsene geschlechtliche Moospflanze eine oft sehr lange Lebensdauer besitzt.

Die meisten Moose wachsen auf der Erde, viele auch an Felsen und Baumstämmen, nur wenige sind Wasserpflanzen. Im Allgemeinen kommen sie an schattigen Orten vor und bedecken oft ausgedehnte Bodenflächen mit ihrem teppichähnlichen Rasen. Für die Feuchtigkeitsverhältnisse des Waldbodens sind sie von großer Wichtigkeit, da sie die von ihnen bedeckte Erde stets feucht erhalten und die von ihnen aufgenommenen atmosphärischen Niederschläge nicht leicht abfließen lassen. Auf nacktem Gestein vermitteln die Moose vielfach die erste Humusbildung.

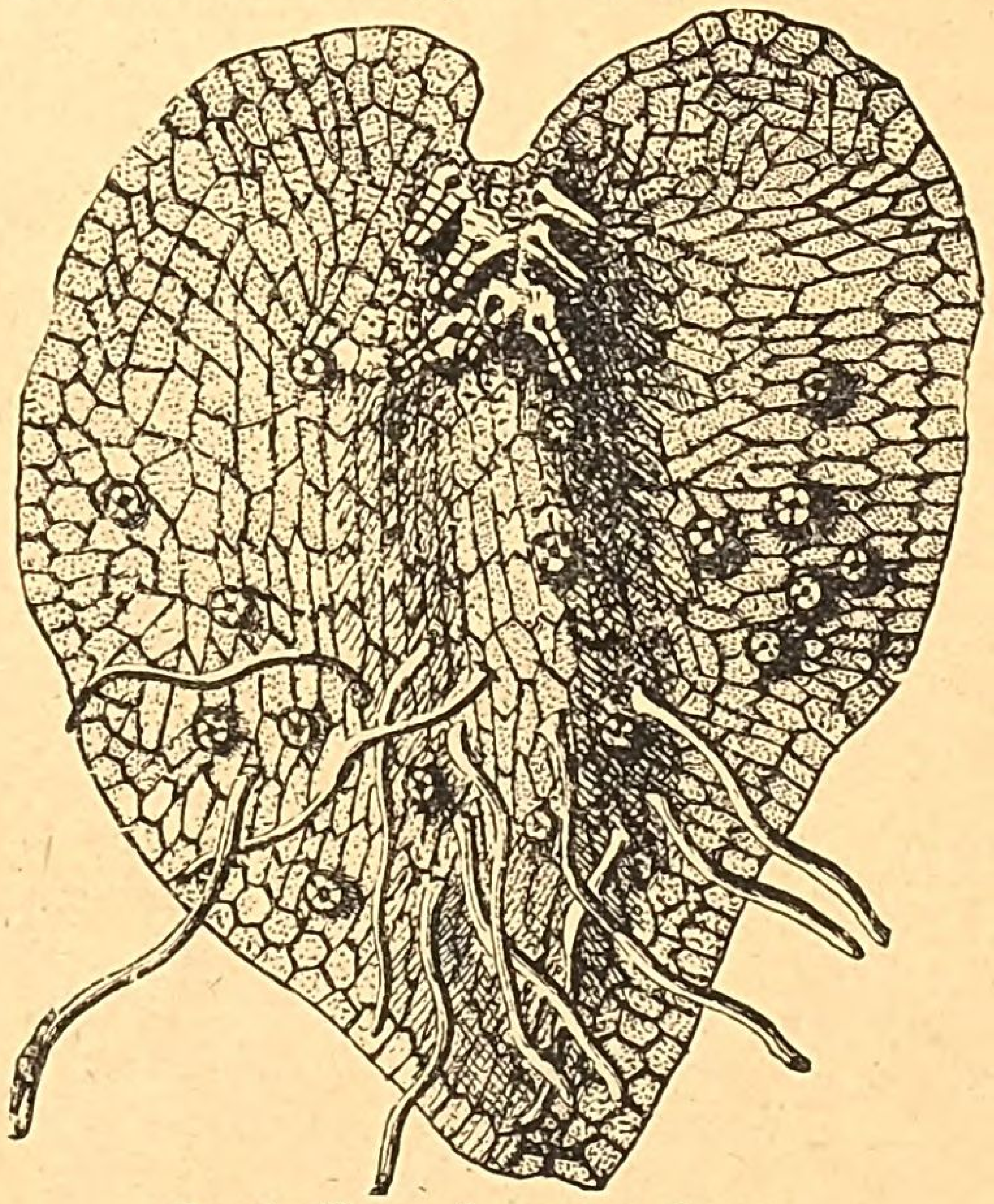


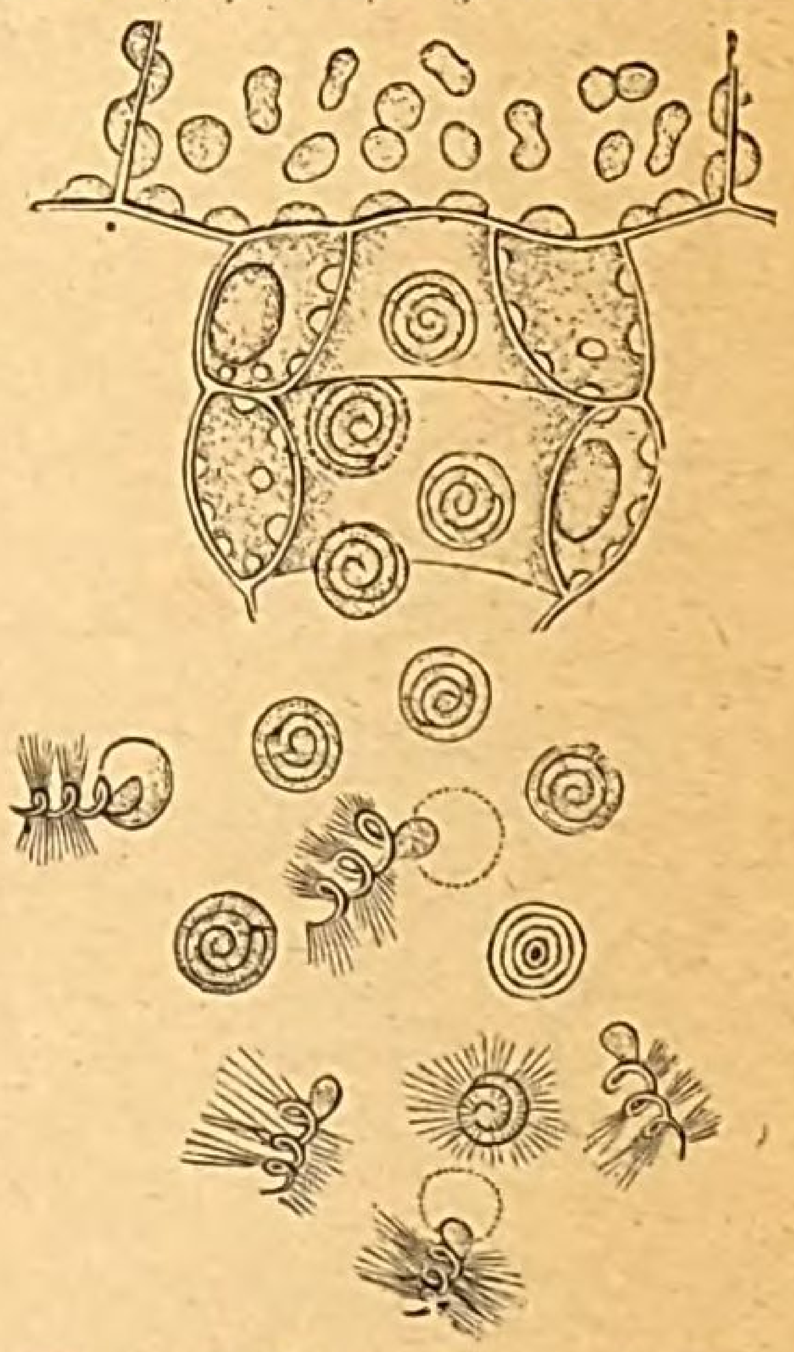
Vorkeim des Haarfarns.
p Vorkeim, h Wurzelhaare desselben, w' b junge Farnkrautpflanze, und zwar: b das erste Blatt (Kotyledon), w' erste, w" zweite Wurzel. (In 30facher Vergrößerung.)

Die Farne haben sich wahrscheinlich im Silur aus niederen Lebermoosen herausgebildet, erheben sich aber in ihrer Organisation bereits hoch über die Moose und nähern sich in ihren höchst entwickelten Formen den Blumenpflanzen. Während bei den Moosen noch ebenso wie bei den Thalluspflanzen der ganze Körper aus ziemlich gleichartigen, wenig oder garnicht differenzierten Zellen zusammengesetzt ist, entwickeln sich im Gewebe der Farne bereits jene eigentümlich differenzierten Zellenstränge, welche man als Pflanzengefäße und Gefäßbündel bezeichnet und die auch bei den Blumenpflanzen allgemein vorkommen.

Man hat die Farne den Moosen als „Gefäßkryptogamen" gegenübergestellt und letztere als Zellenkryptogamen bezeichnet. Auch mit den Phanerogamen hat man sie als „Gefäßpflanzen" zu einer Gruppe vereinigt, der die niedrigeren Pflanzen als „Zell-

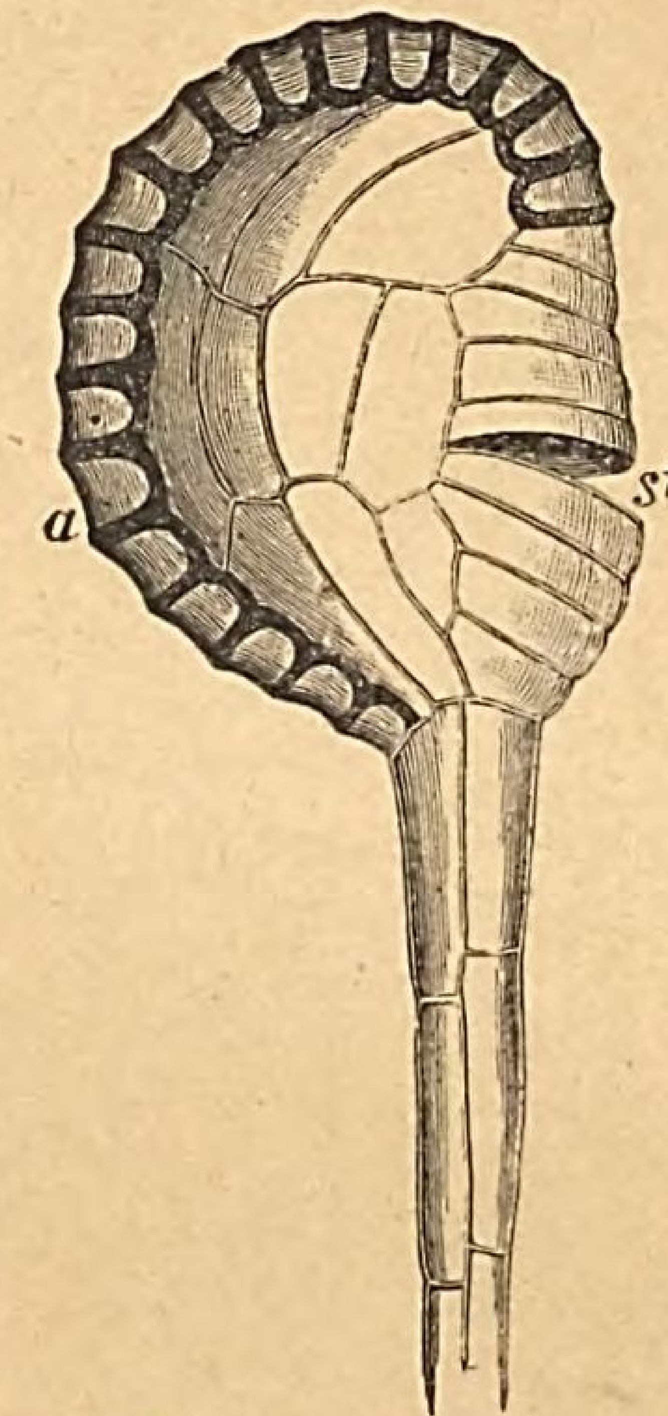
pflanzen" gegenüberstehen. Wir wollen indes an der von Häckel angenommenen Systematik festhalten, welche die Farne als eine geschlossene Gruppe der Diaphyten hinstellt. Von den Moosen unterscheiden sich die Farne durch die schon erwähnte höhere Differenzierung und durch das Uebergewicht, das die ungeschlechtliche Generation hier über die geschlechtliche gewinnt. Der Gegensatz zwischen zwei regelmäßig abwechselnden Generationen, einer geschlechtlichen und einer ungeschlechtlichen ist, wie wir gesehen haben, auch bei den Moosen vorhanden, bleibt aber bei diesen insofern ohne Bedeutung, als die ungeschlechtliche Generation schnell durchlaufen wird. Bei den Farnen aber werden die sporenerzeugenden Organe unabhängig und verleihen, wie Saporta-Marion hervorheben, durch ihre Entwickelung der ungeschlechtlichen Generation eine außerordentliche Wichtigkeit. Durch keine geschlechtlichen Funktionen in ihrer Ausbildung zurückgehalten, gewann die vegetative Generation ein immer größeres Uebergewicht und eine höhere Differenzierung ihrer Organe; zugleich bildete sich eine Verarmung und Schwächung der geschlechtlichen Pflanze aus, indem sich dieselbe auf eine einzige Funktion, die Bildung der Reproduktionsorgane und die Vollziehung der Befruchtung beschränkte. Die Pflanzen, welche den Aufenthalt im Wasser mit dem auf dem Lande für immer vertauschten, mußten die flüssige Nahrung aus dem Boden schöpfen und die Gase, welche sie brauchten, durch Spaltöffnungen aus der Luft in sich aufnehmen. Es ist daher leicht begreiflich, daß gerade jene Organe, welche die genannten Funktionen verrichten, eine höhere Ausbildung erfuhren, und hierin liegt offenbar auch der Grund des sich immer steigernden Uebergewichtes der ungeschlechtlichen Generation. In diesem Stadium nährt sich die Pflanze und wächst; die erste Generation, in welcher die geschlechtlichen Funktionen sich vollziehen, behält im Großen und Ganzen ihren früheren morphologischen Zustand bei, Archegonien und Antheridien werden zum Zwecke der Fortpflanzung gebildet und produzieren eine neue Pflanze. Die größere Rolle dagegen, welche bei der Umwandlung in Landpflanzen den vegetativen Organen zufällt, mußte notwendig zu einer Stärkung und höheren Ausbildung des ungeschlechtlichen, vegetativen Lebensabschnittes der Pflanzen führen.


Prothallium eines Farnkrautes.


Antheridium eines Farnkrautes,
die Spermazoiden entleerend.

Das Prothallium, welches die geschlechtliche Generation der Farne darstellt, hat bei den einzelnen Familien derselben verschiedene Formen, die aber nicht gerade in wesentlichen Punkten von einander abweichen. Unsere obenstehende Abbildung zeigt in vergrößerter Darstellung das Prothallium eines Farnkrautes, das wir schon in Fig. 6 der Diaphyten-Tafel auf S. 526 kennen gelernt haben. Wir erkennen hier die auf der unteren Seite des Prothalliums befindlichen Rhizoiden, die über die Oberfläche zerstreuten Antheridien und die oben an der Einbuchtung hervortretenden Archegonien. Die Abbildung auf S. 529 unten

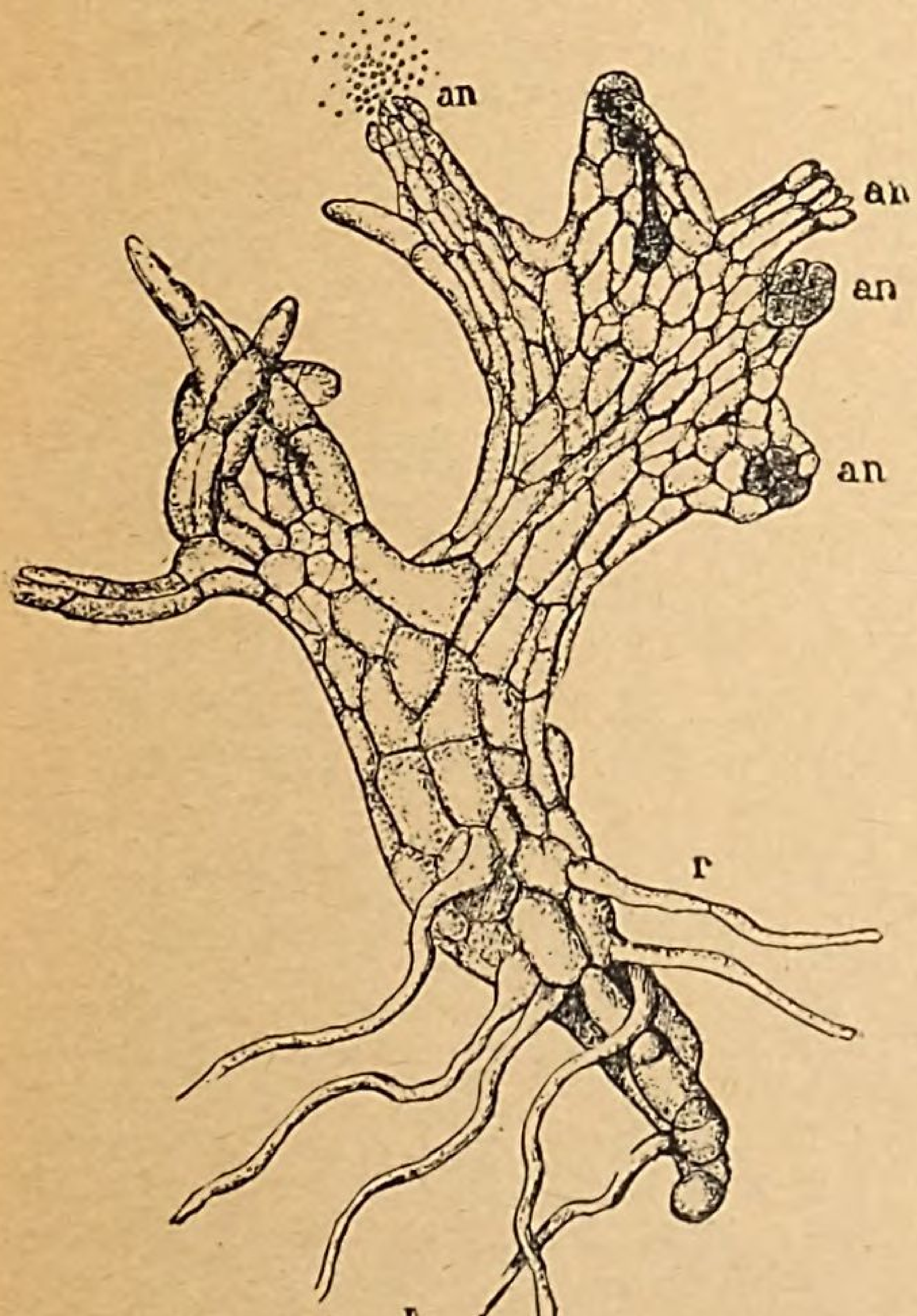
zeigt neben dem **Vorkeim** (**Prothallium**) auch die junge Farnkrautpflanze mit ihren ersten selbständigen Wurzeln, dem Stengel und dem Keimblatte (**Kotyledon**). In der Abbildung auf S. 530 unten sehen wir ein 350mal vergrößertes Antheridium, welches seinen Antherozoideninhalt entleert, während die nebenstehende die Sporenkapsel eines Schildfarnes mit dem ihren Scheitel verstärkenden Ringe a und dem Mund st, aus welchem die Sporen ausschwärmen, in 120facher Vergrößerung darstellt. Die untenstehende Abbildung endlich zeigt uns ein Prothallium von anderer Form, und zwar dasjenige des Schachtelhalmes, das wir in Fig. 9 unserer Diaphytentafel bereits kennen gelernt haben, dessen Einzelheiten aber hier in der bedeutend stärkeren Vergrößerung weit besser erkennbar sind. Wir sehen bei r die Rhizoiden, bei an noch geschlossene Antheridien, ganz oben ein solches, aus welchem bereits die Antherozoiden hervordringen.



Sporenkapsel des Schildfarn.

Sobald die Befruchtung der Eizelle im Archegonium stattgefunden hat, teilt sich diese in acht Zellen, die sog. **Oktanten**, von denen im weiteren Verlaufe der Entwickelung zwei zur Bildung des Stammes, zwei weitere zur Bildung des Kotyledons und die vier übrigen zur Bildung der ersten Wurzelanlagen und des sog. „Fußes" der jungen Pflanze dienen. Mit diesem Fuße bleibt die Pflanze noch einige Zeit — gewöhnlich bis zur Entwickelung der ersten Blätter — im Archegoniumbauche haften und entnimmt die zu ihrer weiteren Entwickelung nötigen Nährstoffe aus dem Prothallium, das, sobald die Wurzel der jungen Pflanze ausgebildet ist, abstirbt.

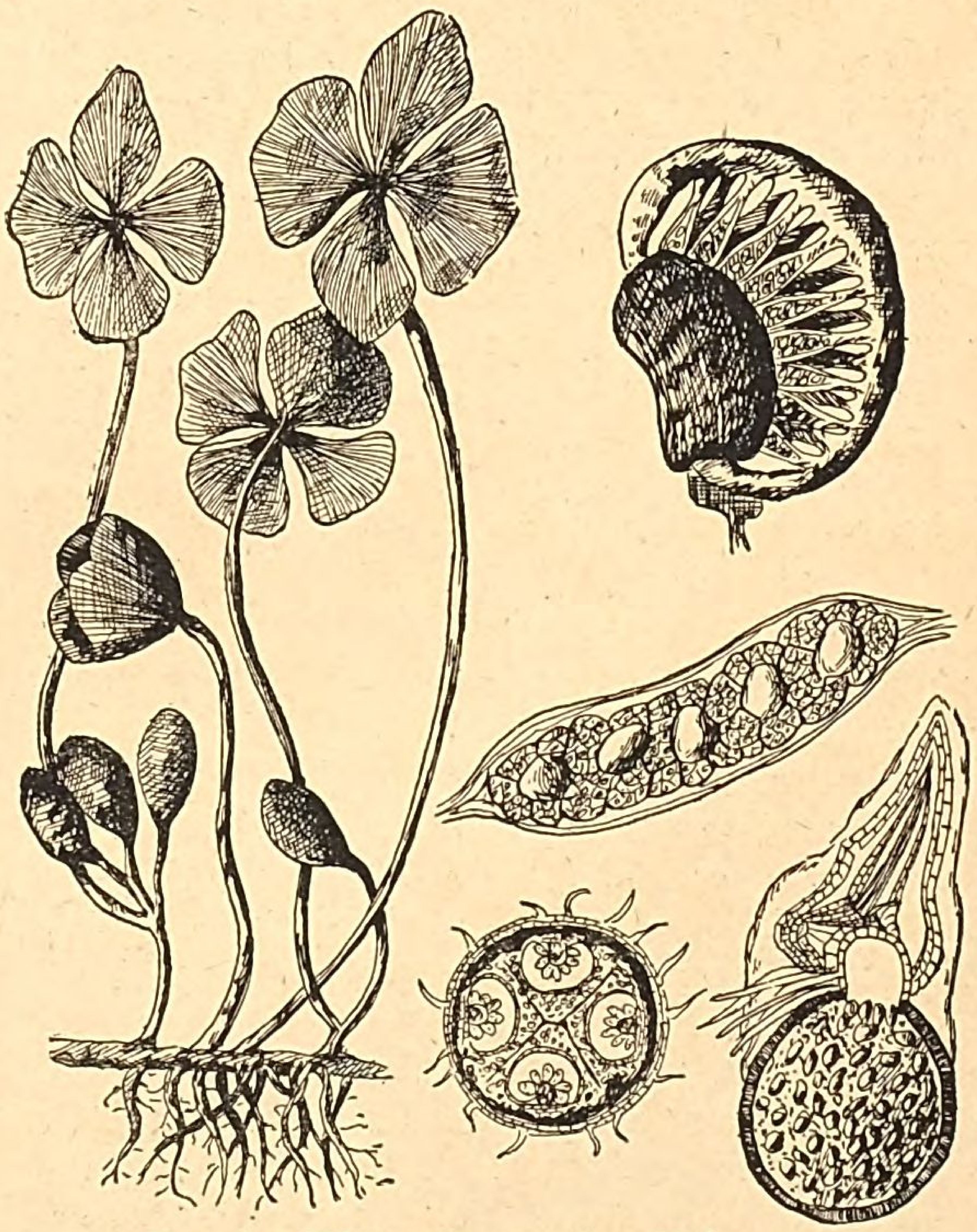
Der Generationswechsel der Farnkräuter nimmt nachstehenden Verlauf. Im Sommer findet man an der Unterseite der Farnblätter kleine Anhäufungen einer braunen, pulverigen Masse. Dieses sind die Sporen, die gruppenweise von einer Zellschicht verdeckt sind, die beim Reifen der Sporen zerreißt und vertrocknet, wobei eigentümliche Bewegungsvorgänge eintreten, wodurch die Sporen herausgeschleudert werden. Da das Vertrocknen der Sporenbehälter meist durch ausgiebigere und länger andauernde Luftströmungen bewirkt wird, so finden die Sporen in diesen zugleich ein Transportmittel, das sie oft über weite Strecken forträgt und ihnen so eine ausgedehnte Verbreitung giebt. Hat nun eine der auf solche Weise von der Mutterpflanze getrennten Sporen einen für ihre Weiterentwickelung günstigen Standort gefunden, so entwickelt sich aus ihr nach Sprengung der Membran ein fadenförmiges Pflänzchen, das sich mit seinen zahlreichen Wurzelhaaren am Boden festheftet und zum Prothallium oder Vorkeim entwickelt. Wir haben diese erste geschlechtliche Generationsform bereits zur Genüge kennen gelernt und auch am Vorkeim des Haarfarnes (S. 529) gesehen, wie sich die junge, in Wurzel, Stamm und Blätter differenzierte aber ungeschlechtliche Pflanze als zweite Generationsform daraus entwickelt.



Prothallium von Equisetum.

In der Primärzeit bildeten die Gefäßkryptogamen die Hauptmasse der Pflanzenwelt, daher Häckel dieses Zeitalter als dasjenige der **Farnwälder** bezeichnet hat. Am groß-

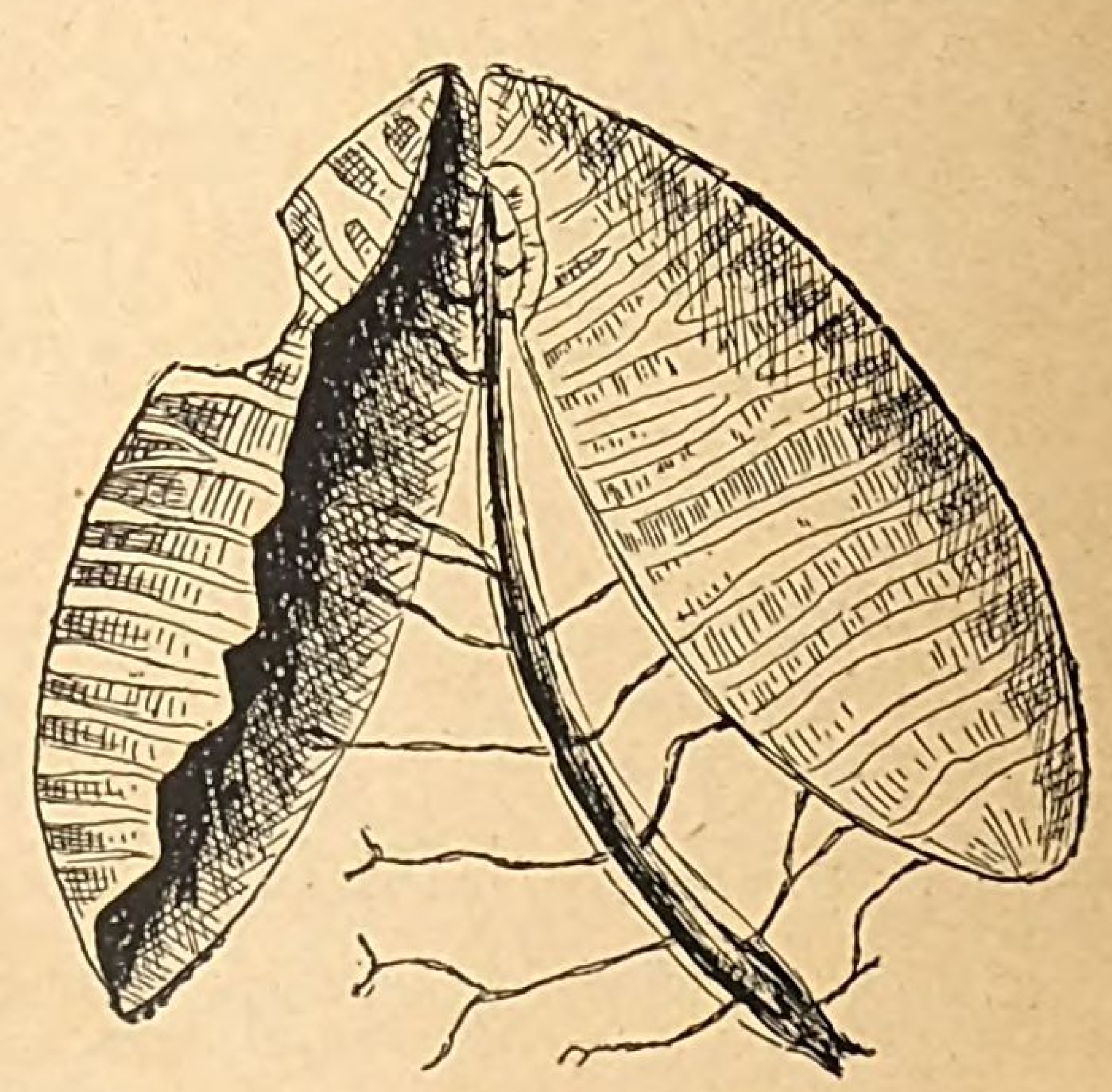
artigsten war ihre Entwickelung in der Steinkohlenzeit, wo sie wohl an drei Viertel der ganzen Vegetatio ausgemacht haben. In der darauffolgenden Dyas tritt schon eine Aenderung in dem Verhältnis der Gefäßkryptogamen zu den übrigen Gewächsen ein; die Gymnospermen nehmen hier an Verbreitung und Artenzahl zu. So geht die allmähliche Abnahme der Gefäßkryptogamen durch die späteren Formationen fort bis auf die Jetztzeit, wo sie, wie bereits erwähnt, nur noch einen verhältnismäßig geringen Bruchteil der gesamten höheren Gewächse ausmachen.



Charakteristische Organe der Rhizocarpeen.

(Nach Saporta-Marion „Die Kryptogamen".)
Links Marsilie, erwachsene Pflanze mit Sporocarpien, rechts oben ein geöffnetes angequollenes Sporocarpium mit austretendem Gallertringe; darunter ein einzelner Sorus (Fruchthaufen) mit glatten (heller gezeichneten) Makrosporangien und den sie umgebenden körnigen Mikrosporangien; darunter links Querschnitt durch ein Sporocarpium, rechts keimende Spore.

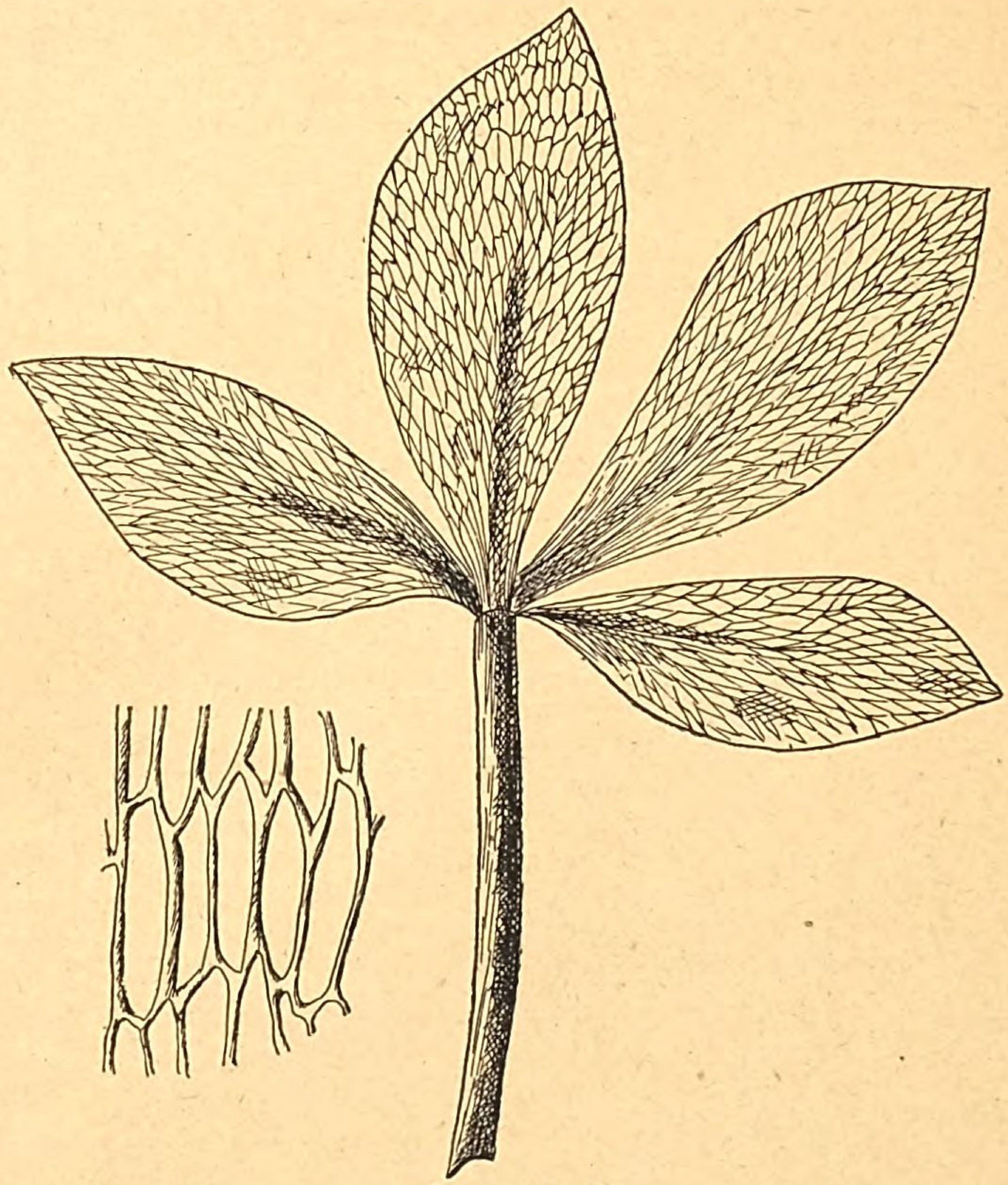
Als Stammgruppe der Farne sieht Häckel die Laub- oder Wedelfarne an, die in der jetzigen Pflanzenwelt der gemäßigten Zone zwar nur eine untergeordnete Rolle spielen, weil sie hier meistens nur durch die niedrigen, stammlosen Farnkräuter vertreten sind, in der heißen Zone dagegen, namentlich in den feuchten, dampfenden Wäldern der Tropengegenden, zu der wundervollen Bildung der hochstämmigen, palmenähnlichen Farnbäume sich erheben, von deren Pracht unsere nach Originalaufnahme hergestellte Abbildung auf S. 533 Zeugnis giebt. Weit großartiger aber waren die Laubfarne der Primärzeit, deren mächtige Stämme damals, wie Häckel schreibt, dicht gedrängt ganze Wälder zusammen setzten. Man findet diese Stämme namentlich in den Steinkohlenflötzen der Karbonzeit massenhaft übereinander gehäuft und dazwischen vortrefflich erhaltene Abdrücke von den Wedeln oder Blättern, welche in schirmartig ausgebreitetem Busche den Gipfel des Stammes krönten. Die einfache oder mehrfache Zusammensetzung und Fiederung dieser Wedel, der zierliche Verlauf der verästelten Nerven oder Gefäßbündel in ihrem zarten Laube ist an den Abdrücken der paläolithischen Farnwedel noch so deutlich zu erkennen wie an den Farnwedeln der Jetztzeit. Bei vielen kann man selbst die Fruchthäufchen, welche auf der Unterfläche der Wedel verteilt sind, ganz deutlich nachweisen. Nach der Steinkohlenzeit nahm das Uebergewicht der Laubfarne bereits ab und schon gegen Ende der Sekundärzeit spielten sie eine fast ebenso



Marsilia Marioni.



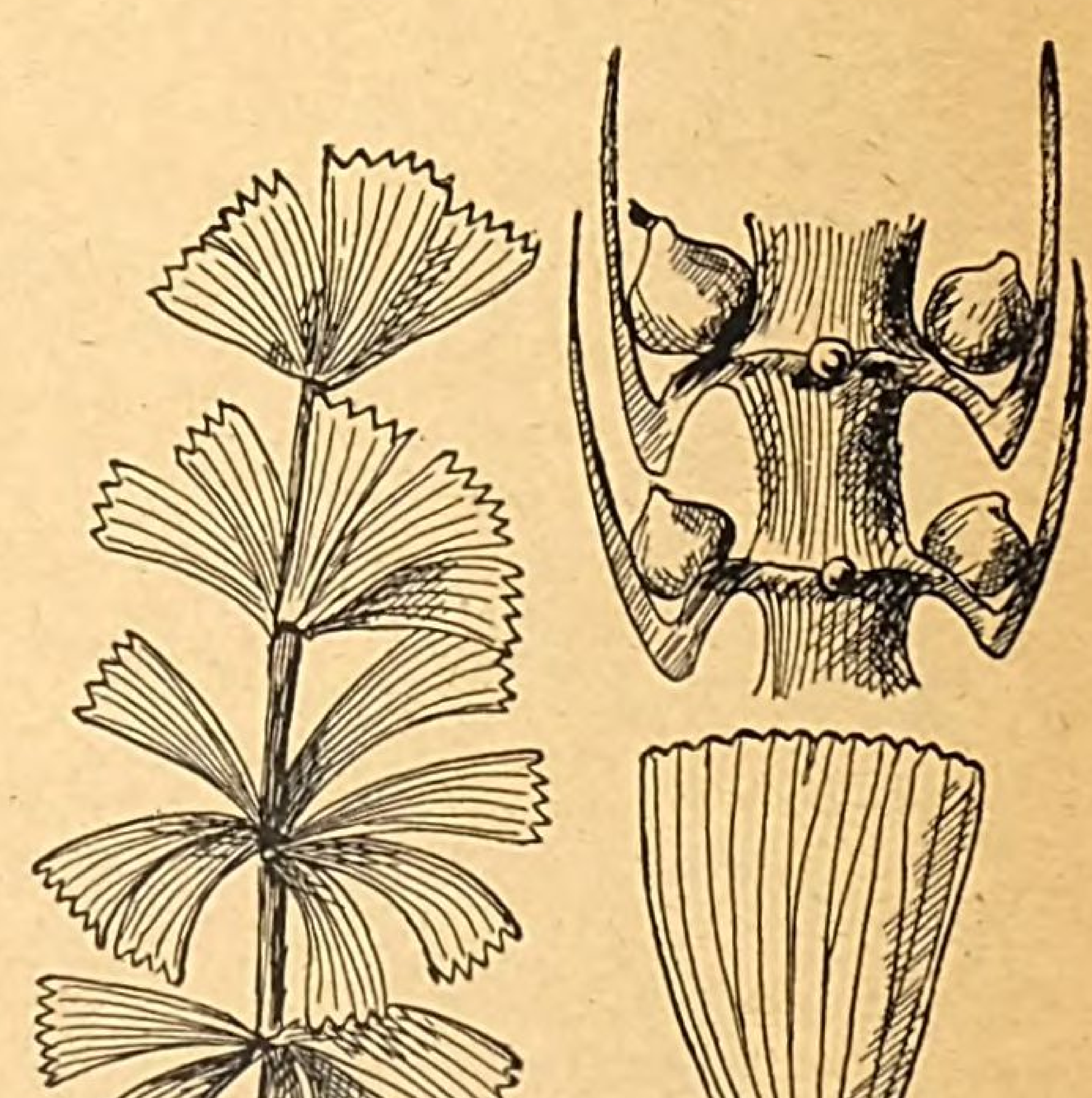
Baumfarne auf Ceylon.



Sagenopteris.

untergeordnete Rolle wie in der Gegenwart. Den Laubfarnen stehen am nächsten die Wasserfarne (Rhizocarpeen), die meist von zarter Beschaffenheit sind und daher wenig versteinerte Reste hinterlassen haben. Hinsichtlich des Baues ihrer Fortpflanzungsorgane stehen die Rhizocarpeen unter den Gefäßkryptogamen an oberster Stelle; allein der Umstand, daß sie nach dieser Richtung hin einseitig einen aufsteigenden Entwickelungsgang genommen haben, hat sie von den Phanerogamen entfernt. Sie besitzen ein Sporocarpium, d. h. eine Fruchthülle mit männlichen oder weiblichen Sporangien, die sich aus einem Blatt oder Blattabschnitt bildet. Unsere Abbildung auf S. 532 zeigt sowohl diese Fruchthüllen im Ganzen (links) als auch Einzelheiten ihrer Entwickelung. Die jetzigen Rhizocarpeen sind von geringerer Größe und ausschließlich Wasserpflanzen.

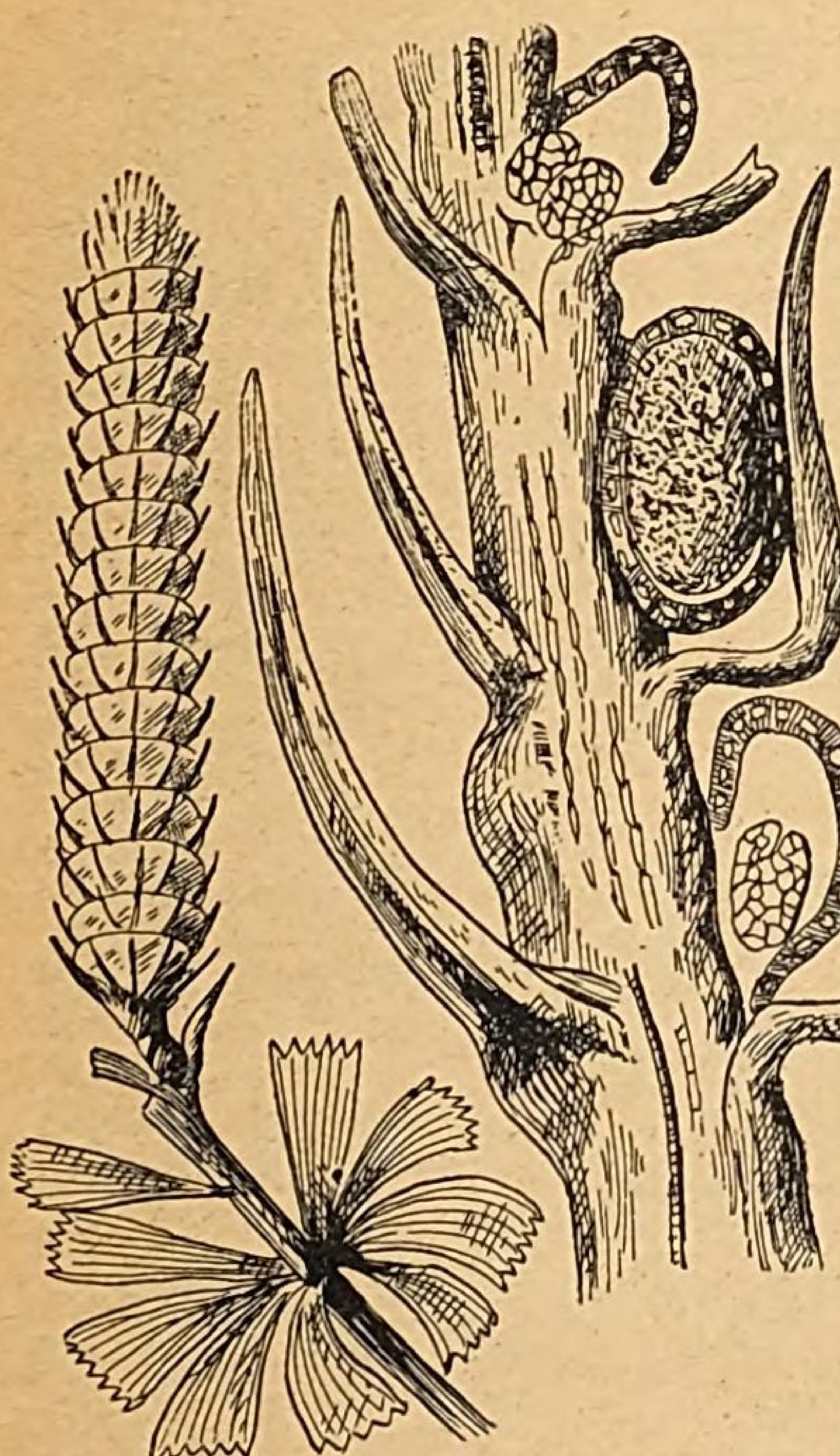
Der Bau der Rhizocarpeen ist ein sehr verwickelter; bei einigen Gattungen, wie Salvinia, kommen männliche und weibliche Sporangien in getrennten Fruchtkapseln vor, bei anderen, wie Marsilia, in getrennten Fächern einer und derselben Fruchtkapsel. Unsere Abbildung zeigt ein geöffnetes und leeres Sporocarpium von Marsilia Marioni, der ersten und einzigen fossilen Art von Marsilia, die bisher gefunden worden ist. Dasselbe stammt aus der älteren Tertiärzeit (dem Oligocän Frankreichs) und hat große Aehnlichkeit mit dem gleichen Organ noch jetzt lebender neuholländischer Marsilien. Den Marsiliaceen der Gegenwart steht auch die Gattung Sagenopteris nahe, von der oben ein Blattzweig nebst einem stark vergrößerten Stücke des Blatt-Zellnetzes abgebildet ist. Die Pflanzen dieser Gattung kommen in verschiedenen Schichten der Juraperiode vor und waren Sumpfpflanzen mit



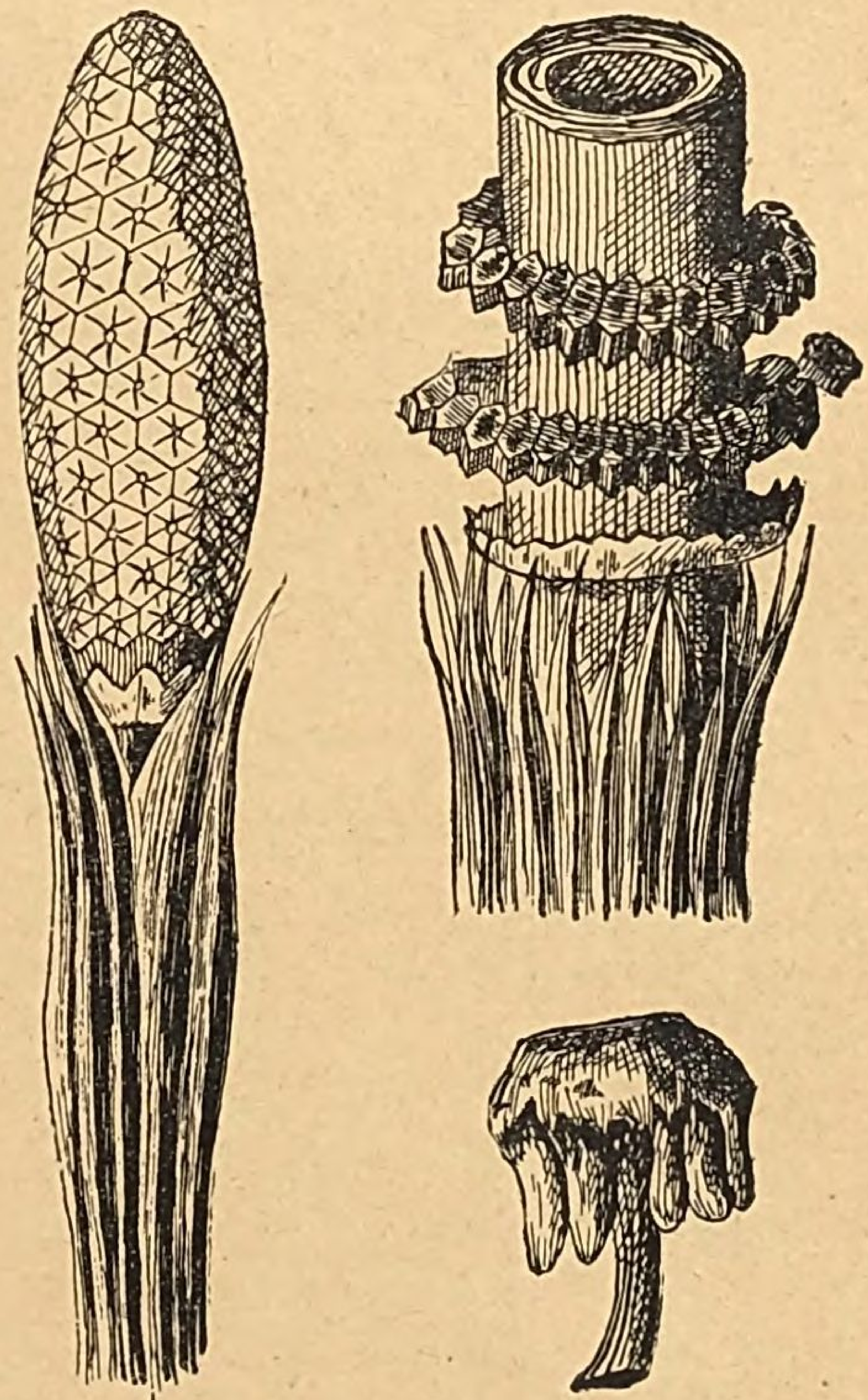
Charakteristische Organe von Sphenophyllum.

kriechenden Rhizomen. Die kleinere Marsilia, die noch in der Tertiärzeit gelebt hat, während Sagenopteris schon im Verlaufe der Kreidezeit verschwunden ist, kann nach Saporta-Marion möglicher Weise einen jüngeren Seitenzweig dieser letzteren darstellen.

Eine interessante Gattung der Rhizocarpeen, das Sphenophyllum, mag hier noch Erwähnung finden, weil es nach Saporta-Marion als eine verhältnismäßig hochstehende Urform der Salvinia betrachtet werden kann, die heute noch in kleinen schwimmenden Wasserpflanzen mit ganzen Schwimmblättern und wurzelartig zerteilten, untergetauchten und an ihrer Basis Büschel von Sporenfrüchten tragenden Blättern vertreten ist und auch in einer in Deutschland einheimischen Art vorkommt. Es gehört der Steinkohlenflora an und steht seinen in der Gegenwart lebenden Verwandten ungefähr in dem gleichen Verhältnis gegenüber



Charakteristische Organe von Sphenophyllum.

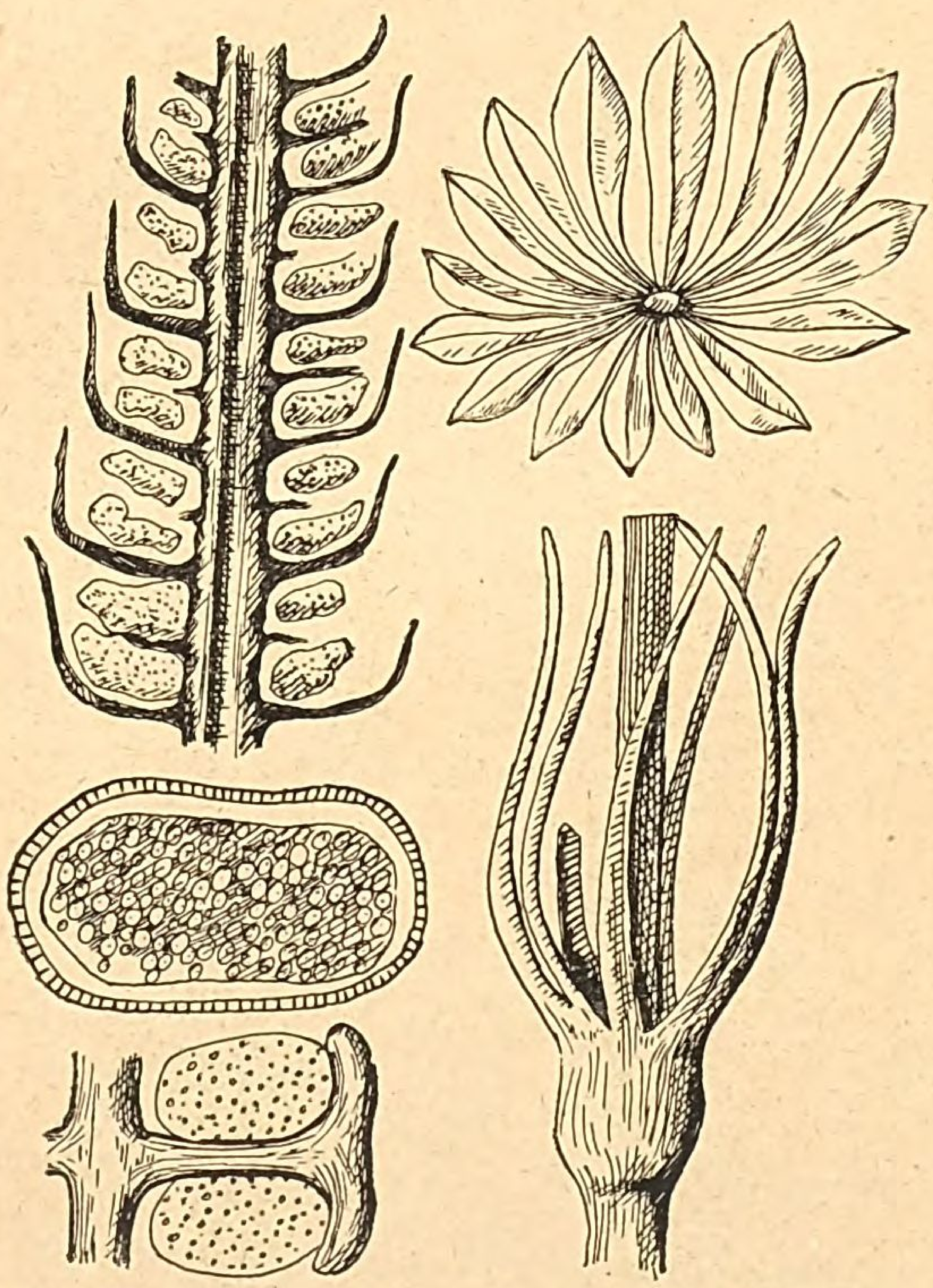


Organe von lebenden Equisetineen.

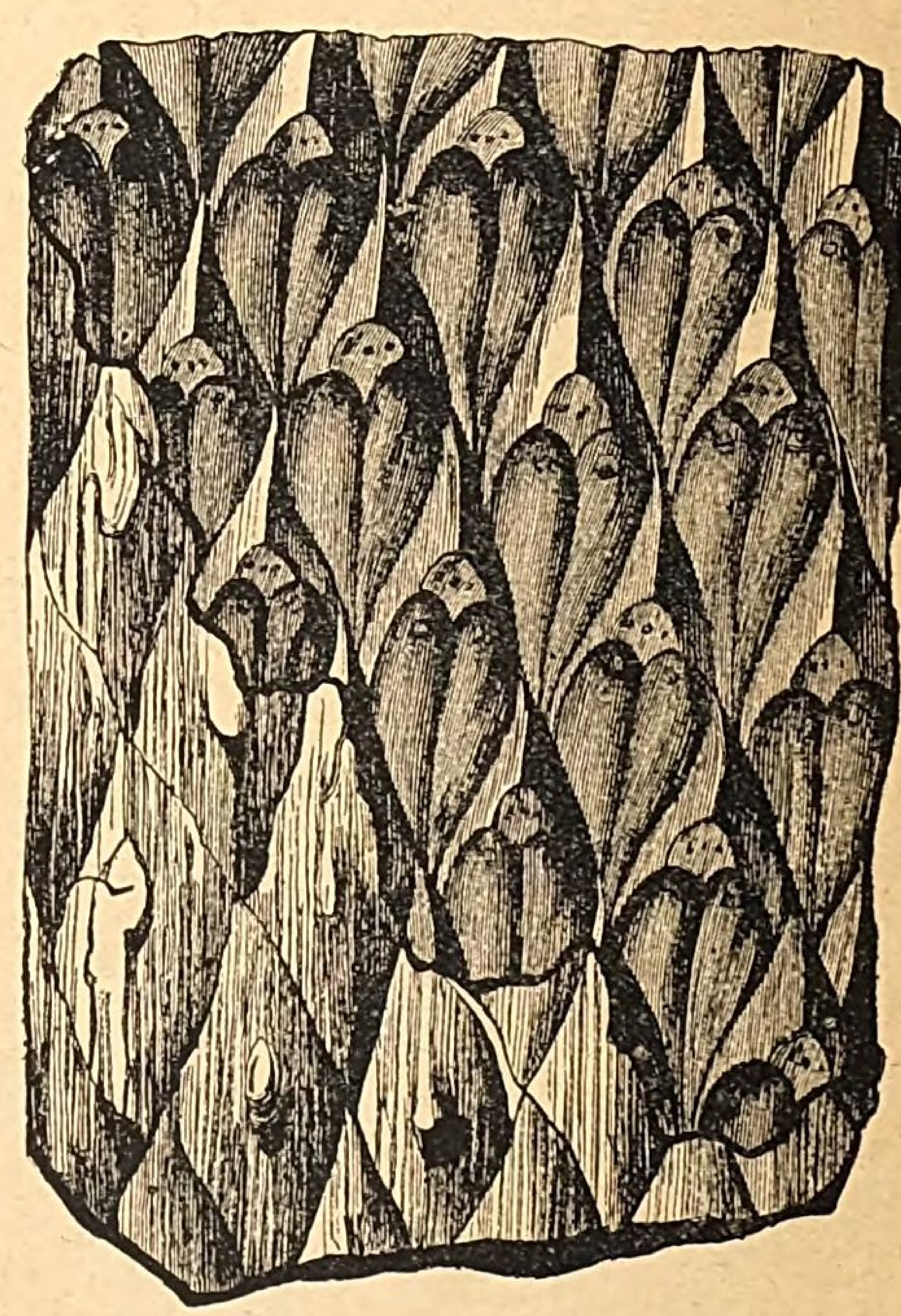
wie die riesigen Lepidodendren jener Zeit den dürftigen Bärlappgewächsen der Gegenwart, und zwar weniger in Bezug auf Größe als hinsichtlich der kräftigeren und vollkommeneren Ausbildung. Wie die Abbildung auf S. 534 zeigt, trug Sphenophyllum im Gegensatze zur Salvinia durchaus symmetrisch zu Quirlen oder Rosetten zusammengestellte und nach Funktion und Form völlig gleichwertige Blätter. Ein solches Blatt ist in unserer Figur rechts unten in stärkerer Vergrößerung dargestellt; darüber sehen wir einen Längsschnitt durch den Fruchtstand mit 4 Sporangien. Die Abbildung auf S. 535 links zeigt einen fruchttragenden Zweig mit Fruchtähre, rechts davon den Längsschnitt durch einen Teil der Fruchtähre, in ungefähr achtmaliger Vergrößerung, mit einem vollständig erhaltenen, mit Mikrosporen gefüllten Mikrosporangium und (über und unter diesen) Reste von Makrosporangien mit Makrosporen (oben zwei, unten eine). Bei dieser Pflanze befanden sich somit höchst wahrscheinlich Sporangien beider Arten an jeder Fruchtähre abwechselnd zusammengestellt.

Großartig hat sich die Klasse der Schaftfarne entwickelt, von deren beiden Ordnungen (den Equisetineen oder Schafthalmen und Calamiten oder Riesenhalmen) die Calamiten bereits im Perm ausgestorben sind, während die Schaft- oder Schachtelhalme in verkümmerten Formen sich noch bis jetzt erhalten haben.

Unsere Abbildung auf S. 535 rechts zeigt die Organe und Reproduktionsapparate von lebenden Equisetineen. Links erblicken wir den oberen Teil eines fruchttragenden Stengels, unten die Blattscheide, aus der die noch in geschlossenem Zustande befindliche Fruchtähre hervorragt. Diese besteht aus den eng aneinandergerückten und zu einem Kolben verschmolzenen Sporangienträgern oder Fruchtblättern. Rechts oben sehen wir die Blattscheide mit daraus hervorragendem unteren Teile einer bereits gereiften und geöffneten Aehre.



Organe und Reproduktionsapparat fossiler Calamarien.
(Nach Saporta-Marion.)

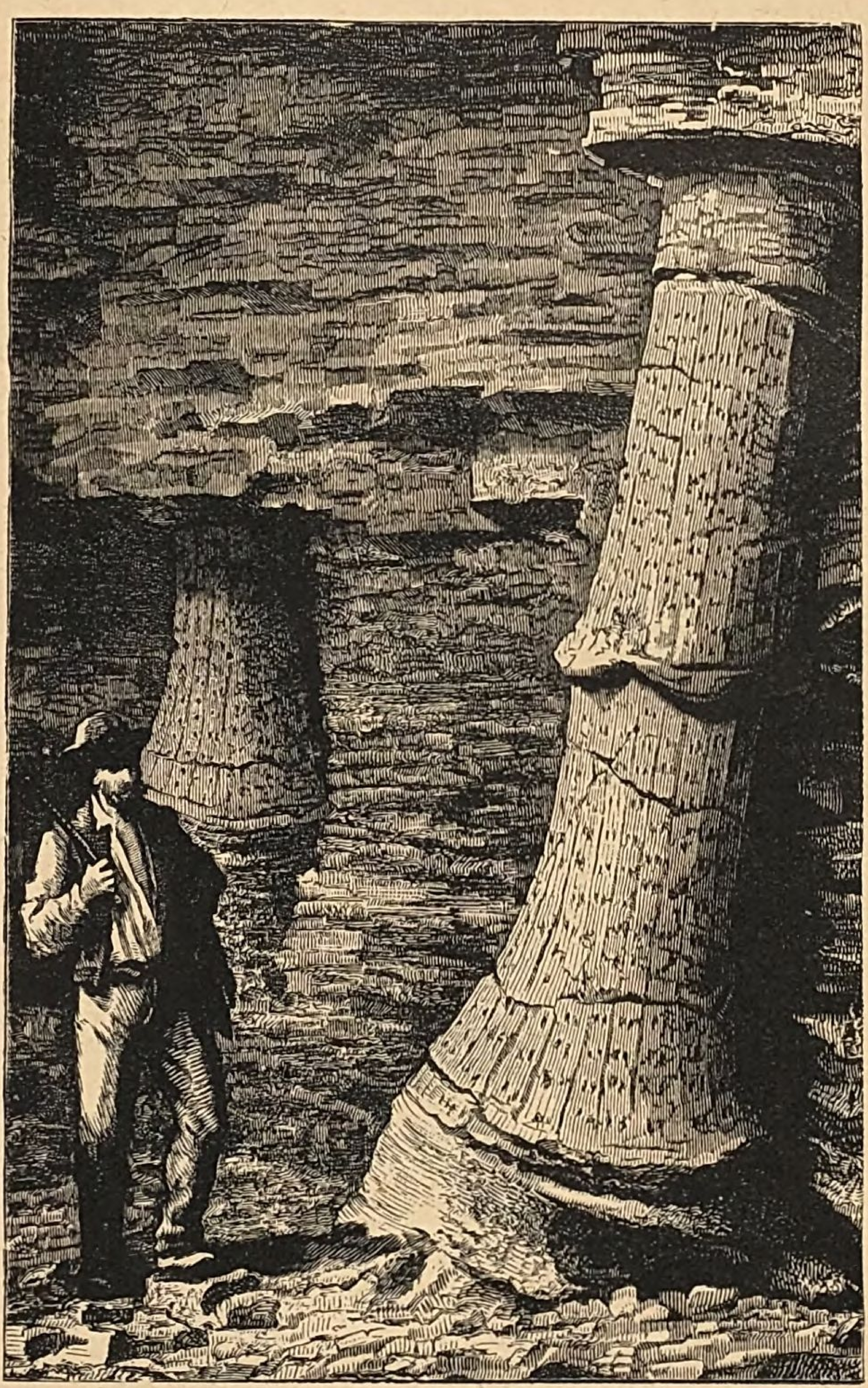


Rindenstück von Lepidodendron.
(Aus Neumayrs „Erdgeschichte“.)

Unmittelbar über der Blattscheide ist der Stiel der Aehre von einem ringförmig umgewandelten Blatte umschlossen, das die Basis der Fruchtähre einhüllt; darüber sehen wir die Sporangienträger, in zwei Ringen angeordnet und gestielte Schildchen bildend, an denen 6—8 Sporangien befestigt sind. Rechts unten ist endlich ein solcher Sporangienträger in stärkerer Vergrößerung dargestellt; zu oberst das Schildchen, unter dessen Schutze die Sporangien ringsum angeheftet sind, unten der Stengel, mittels dessen der Sporangienträger am Stiele der Fruchtähre festsitzt.

Alle Schaftfarne zeichnen sich durch einen starken, hohlen und gegliederten Schaft, Stengel oder Stamm aus, an welchem Aeste und Blätter quirlförmig um die Stengelglieder herumstehen. Die hohlen Stengelglieder sind durch Querscheidewände von einander getrennt; die Oberfläche ist von längst verlaufenden parallelen Rippen durchzogen, wie bei einer cannelierten Säule, und die Oberhaut enthält so viel Kieselerde, daß sie zum Scheuern

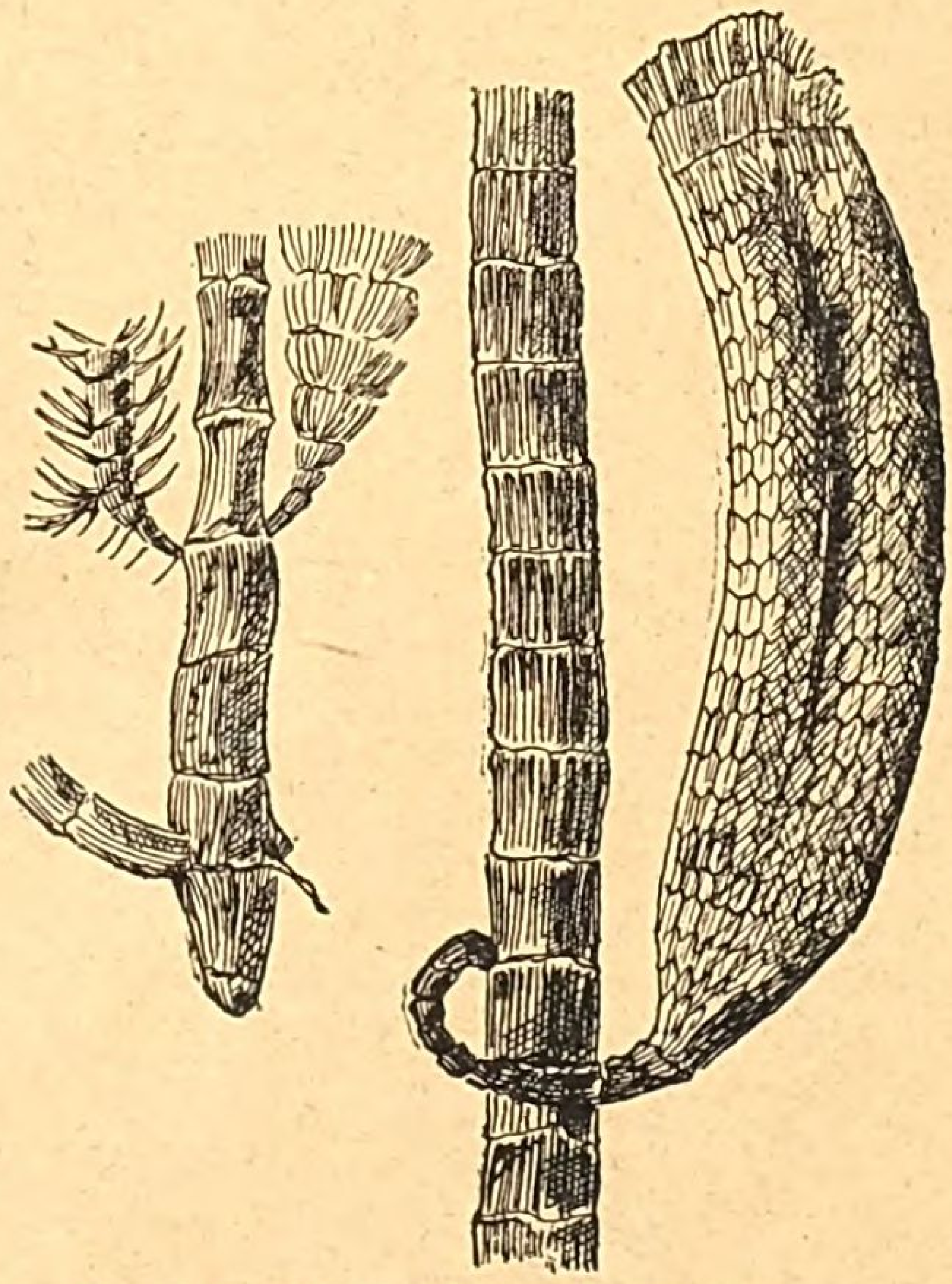
und Polieren verwendet werden kann. Unsere Abbildung auf S. 536 links zeigt oben links den Längsschnitt durch die Fruchtähre einer in der Steinkohle von Lancastershire vorkommende Calamarie (Annularia), wie sie nach dem für das Mikroskop präparierten Original von Schimper gezeichnet worden ist. Deutlich erkennbar ist die Abwechselung steriler Blätter (im Querschnitt harkenförmige Gebilde darstellend) mit Sporangienträgern, von denen jeder 4 Sporangien getragen zu haben scheint. Ein Sporangium ist unterhalb dieses Längsschnittes in starker Vergrößerung im Querschnitt dargestellt; dasselbe ist mit Sporen gefüllt. Darunter sehen wir einen stark vergrößerten Sporangienträger mit Stiel und Schildchen, und, von letzterem bedeckt, zwei Sporangien. Rechts oben ist ein Blattwirtel einer Annularia als Beispiel eines Calamarientypus mit ganz freien Blättern dargestellt, darunter ein Stammstück mit Blattquirl von einer Calamarienart mit unvollständig vereinigten Blättern. Bei den paläolithischen Calamiten sind die Blätter sternförmig in Quirle gestellt und stärker entwickelt als bei den Equisetineen. Auch diese waren in der Primär- und Sekundärzeit durch mächtige Bäume vertreten (vergl. Abb. auf S. 541); heute nur lebt ein Ueberrest in Quito in Südamerika, das Equisetum giganteum. Viel mächtiger aber waren die ausgestorbenen Calamiten, deren starke Stämme gegen 50 Fuß Höhe erreichten. (Vgl. Abb. auf S. 538 links oben.)



Stamm eines Siegelbaumes,
in einem Steinbergwerke bloßgelegt.

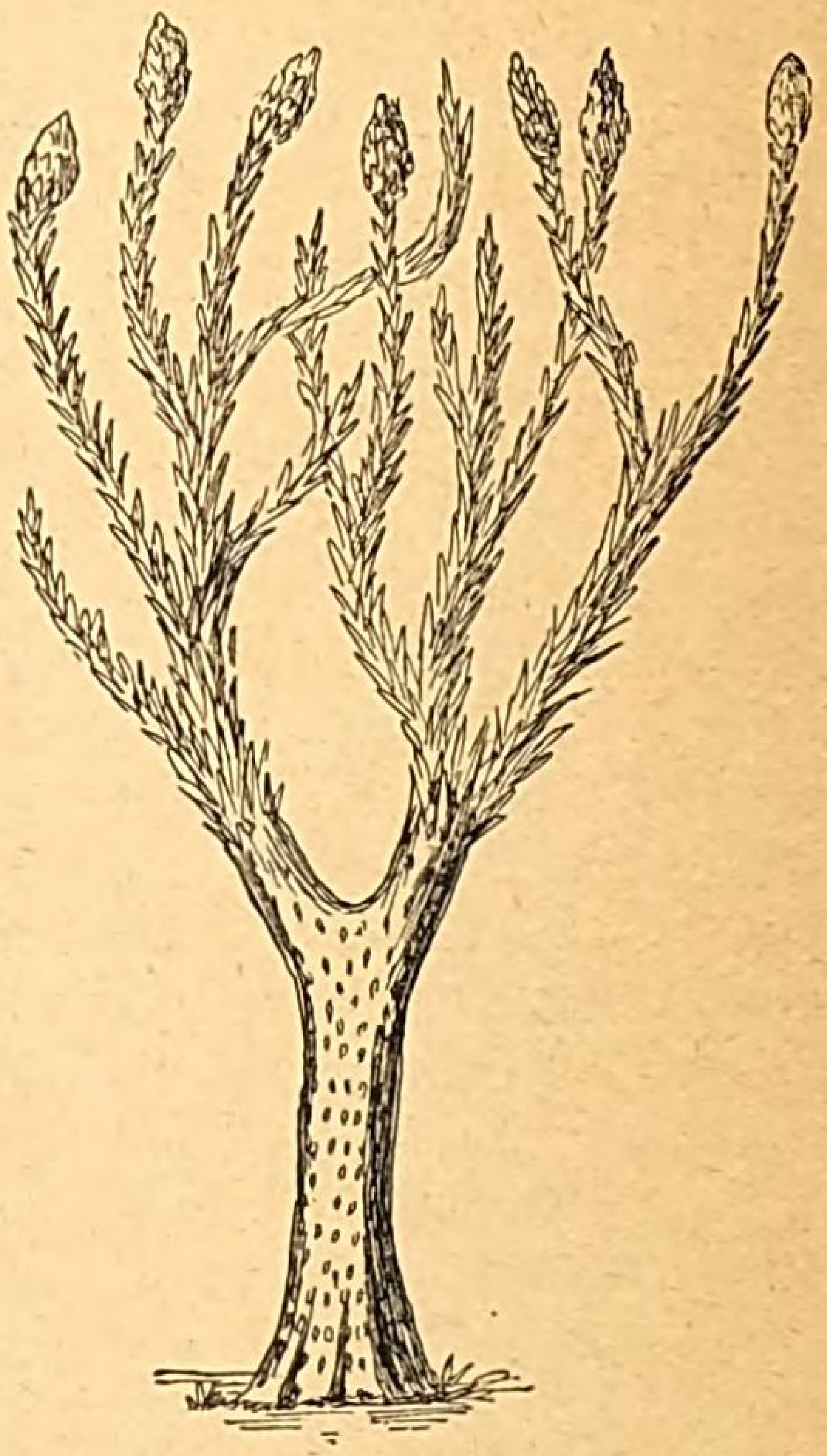
Als eine Unterabteilung der Laubfarne werden die Zungenfarne angesehen, denen als Zwischenform zwischen den Pteridinen und Lycopodinen und somit auch als direkten Vorfahren der Blumenpflanzen eine besondere entwickelungsgeschichtliche Bedeutung zukommen. Wie die Zungenfarne aus den Laubfarnen, so sind später die Schuppenfarne aus den Zungenfarnen entstanden. Die Lycopodinen entwickeln sich höher als alle übrigen Farne; sie vermitteln bereits den Uebergang zu den Blumenpflanzen, die sich aus ihnen zunächst hervorgebildet haben. Nächst den Wedelfarnen waren sie am meisten an der Zusammensetzung der paläolithischen Farnwälder beteiligt. Die meisten heute noch lebenden Schuppenfarne gehören zu der Ordnung der Bärlappe (Lycopodinae). Es sind meistens kleine und zierliche, moosähnliche Pflänzchen, deren zarter, in vielen Windungen

schlangenartig auf dem Boden kriechender und verästelter Stengel dicht von schuppenähnlichen und sich bedeckenden Blättchen eingehüllt ist. Die größten Bärlappe der Gegenwart leben auf den Sundainseln und erheben sich dort zu Stämmen von einem halben Fuß Dicke und 25 Fuß Höhe. Aber in der Primär- und Sekundärzeit waren noch größere Bäume dieser



Zwei blattlose Calamitenstämme.

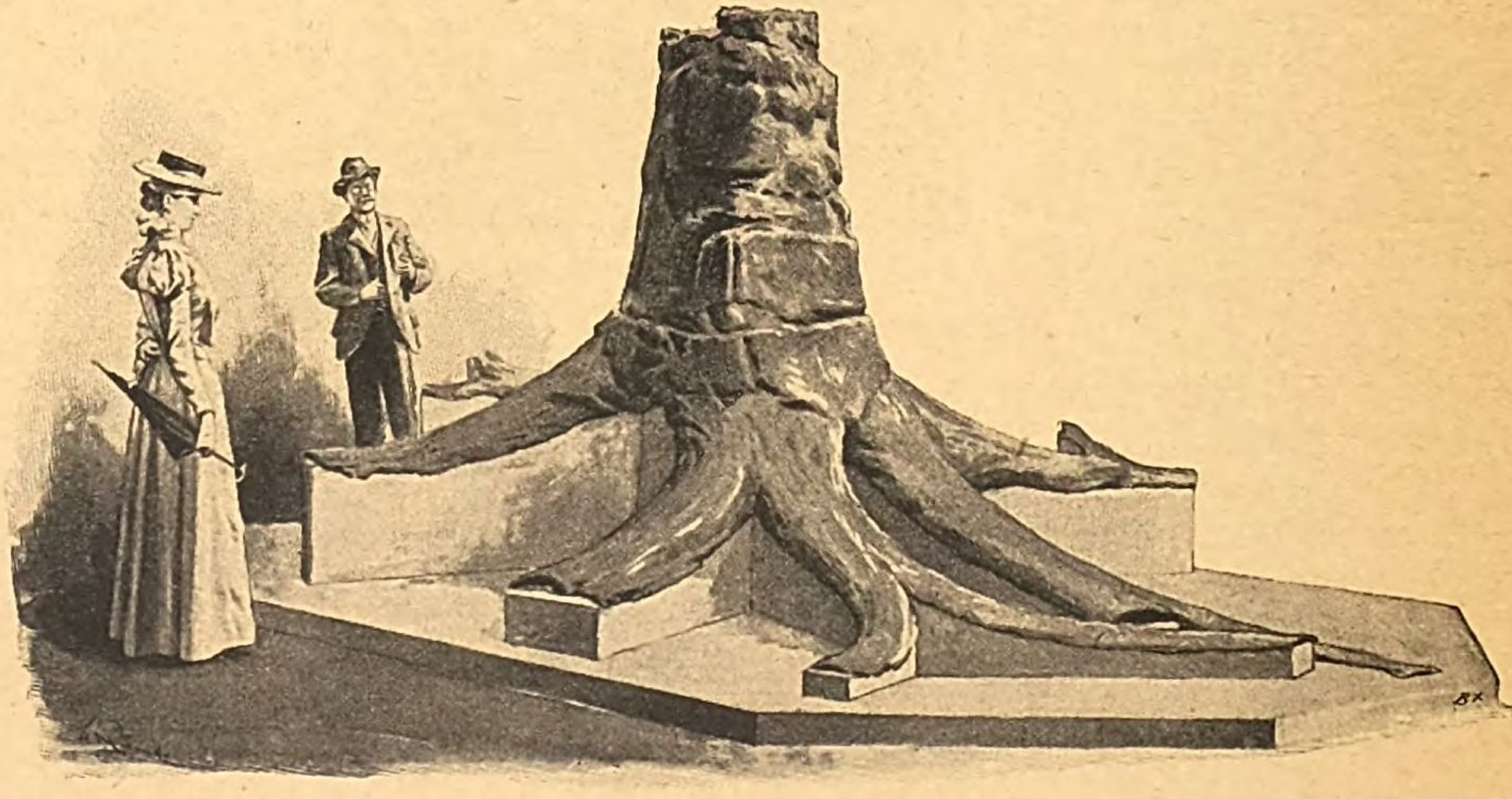
Blattlose Calamitenstämme mit Fruchtständen, deren Scheiden auf der Abbildung links teilweise zerstört sind; auch hier ist das zapfenförmige untere Stammesende zu sehen.



Lepidodendron,
ein Bärlappbaum aus der Steinkohlenzeit.

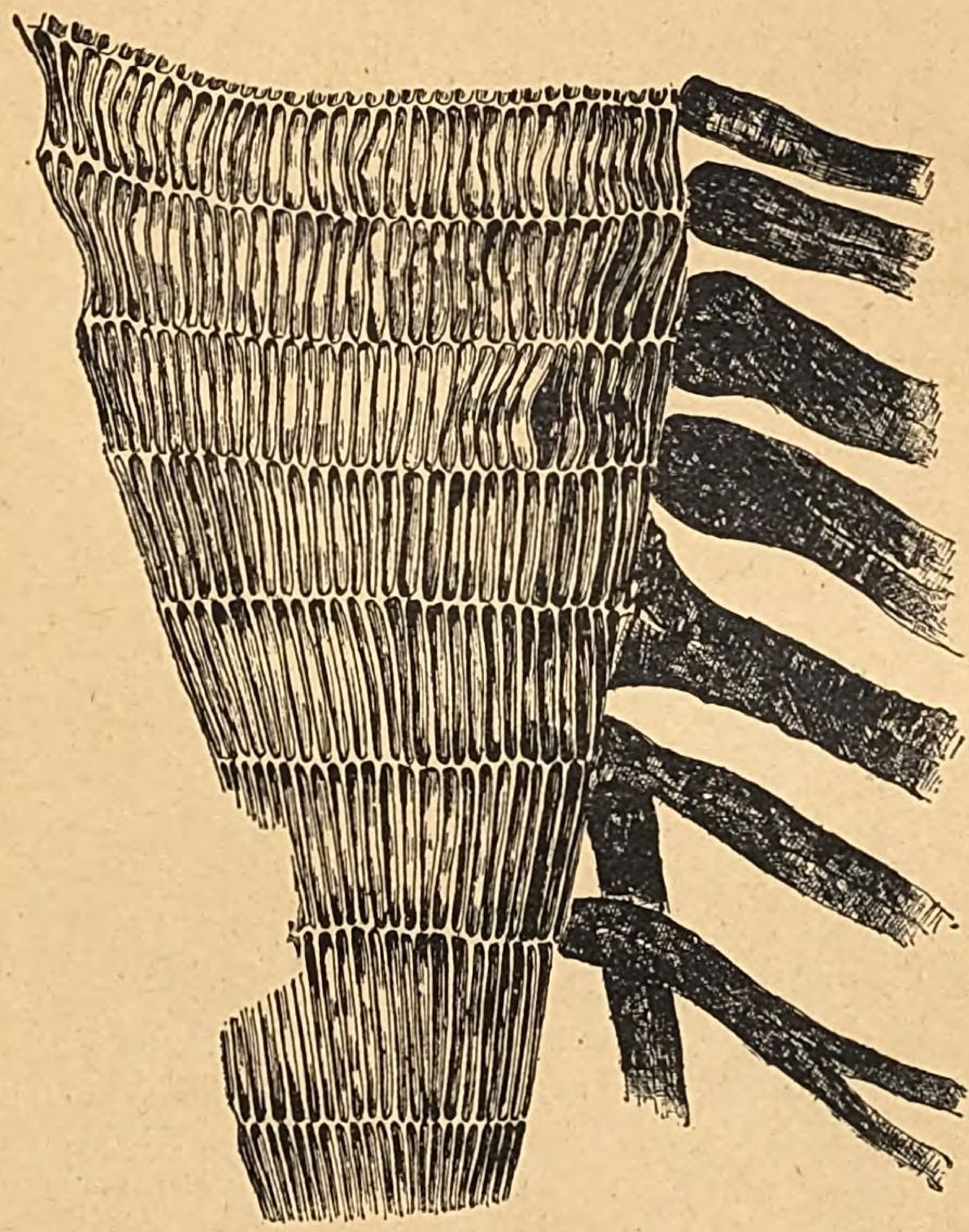
Gruppe weit verbreitet; einen derselben zeigen unsere Abbildungen (rechts oben und unten). Die ältesten derselben gehören vielleicht zu den Stammeltern der Nadelhölzer.

Von der zweiten Ordnung der Lycopodalen, den heterosporen Selagineen (vgl. Abb. auf S. 539 unten), leben heutzutage nur noch die zierlichen Selaginellen, welche als sogenanntes

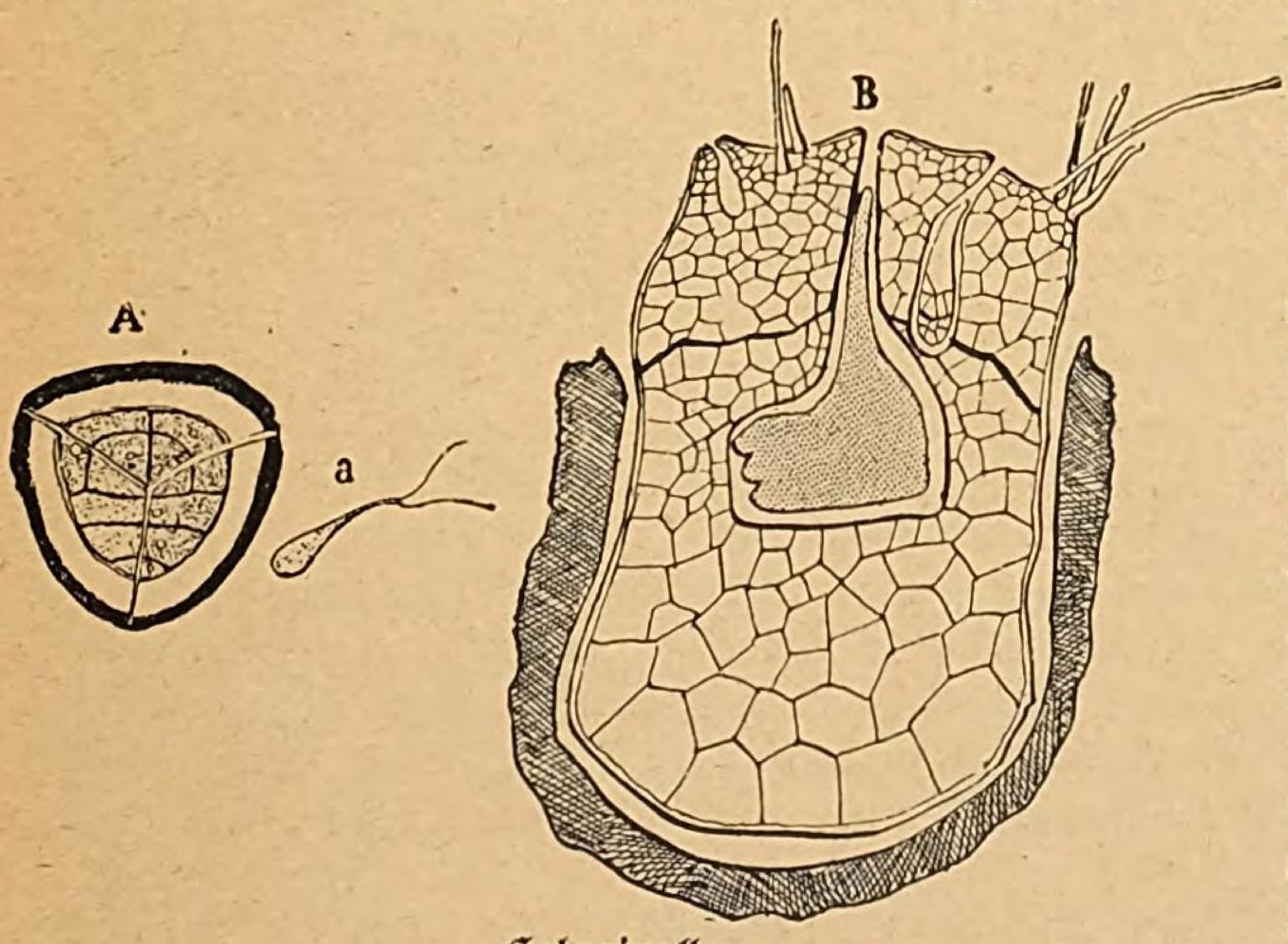


Wurzel und Stammende eines Lepidodendron.

„Rankenmoos“ den Boden unserer Gewächshäuser bedecken. Diese heterosporen Pflanzen haben wie die Rhizocarpeen Makro- und Mikrosporen; die Prothallien sind außerordentlich reduziert. An einem Ende der Mikrosporen schließt sich bei der Keimung eine kleine unfruchtbare Zelle als rudimentäres männliches Prothallium durch eine Scheidewand ab, während in der großen übrigbleibenden Antheridiumzelle die gewöhnlichen Antherozoiden entstehen. Diese Ordnung der Lycopodiaceen war während der paläozoischen Periode auch vertreten durch die mächtigen Schuppenbäume (Lepidodendrae) und Siegelbäume (Sigillariae). Beide Familien treten schon in der Devonzeit mit einzelnen Arten auf, erreichen jedoch ihre massenhafte und erstaunliche Ausbildung erst in der Steinkohlenzeit, und sterben bereits gegen Ende derselben oder in der darauffolgenden permischen Periode wieder aus. Die Schuppenbäume oder Lepidodendron waren wahrscheinlich den Bärlappen noch näher verwandt, als die Siegelbäume. Sie erhoben sich zu prachtvollen, unverästelten und gerade aufsteigenden Stämmen, die sich am Gipfel nach Art eines Kronleuchters gabelspaltig in zahlreiche Aeste teilten. Diese trugen eine Krone von Schuppenblättern und waren gleich dem Stamm in zierlichen Spirallinien von den Narben oder Ansatzstellen der abgefallenen Blätter bedeckt. Man kennt Schuppenbäume von 40 bis 60 Fuß Länge und 12 bis 15 Fuß Durchmesser am Wurzelende. Die Abbildung auf S. 538 unten zeigt die Wurzeln und einen Stammteil von Lepidodendron. Einzelne Stämme waren mehr als hundert Fuß lang. Noch viel massenhafter finden sich in der Steinkohle die nicht minder hohen, aber schlankeren Stämme der merkwürdigen Siegelbäume oder Sigillarien angehäuft; sie setzen an manchen Orten hauptsächlich die Steinkohlenflötze zusammen. Ihre Wurzelstöcke hat man früher als



Stammende von Calamites,
unterirdischer Teil des aufrechtstehenden zapfenartigen Stammendes mit Wurzeln.

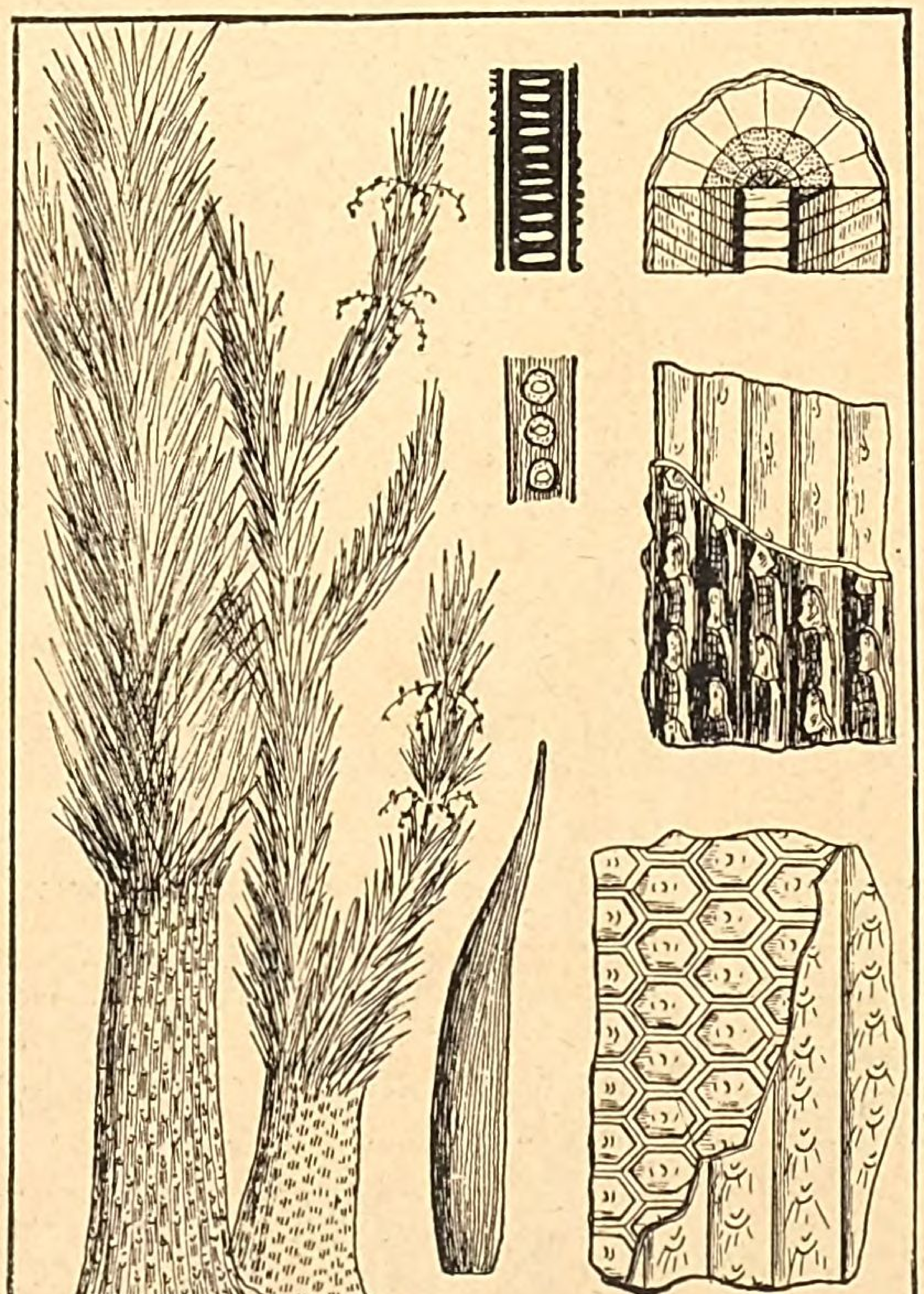


Selaginella.
A Mikrospore mit darin eingeschlossenem, verkümmertem, männlichen Prothallium, a Antherozoid. B Makrospore nach der Keimung und Befruchtung.

eine ganz besondere Pflanzenform (Stigmaria) beschrieben. Die Siegelbäume sind in vieler Beziehung den Schuppenbäumen sehr ähnlich, weichen jedoch durch ihren anatomischen Bau schon mehrfach von diesen und von den Farnen überhaupt ab.

In der devonischen Zeit gab es eine Pflanzenform, die Lycopterideen, in der die charakteristischen Eigenschaften der Bärlappe und der Laubfarne sich vereinigten, und in der man die Stammformen der Phanerogamen zu erkennen glaubt.

Ueber die hohe entwickelungsgeschichtliche Bedeutung der genaueren Erkenntnis der Kryptogamen und ihrer vorweltlichen Stammverwandten lesen wir in Saporta-Marions hochinteressantem Werke über dieses Unterreich der Pflanzenwelt:



Siegelbaum aus der Steinkohlenzeit.

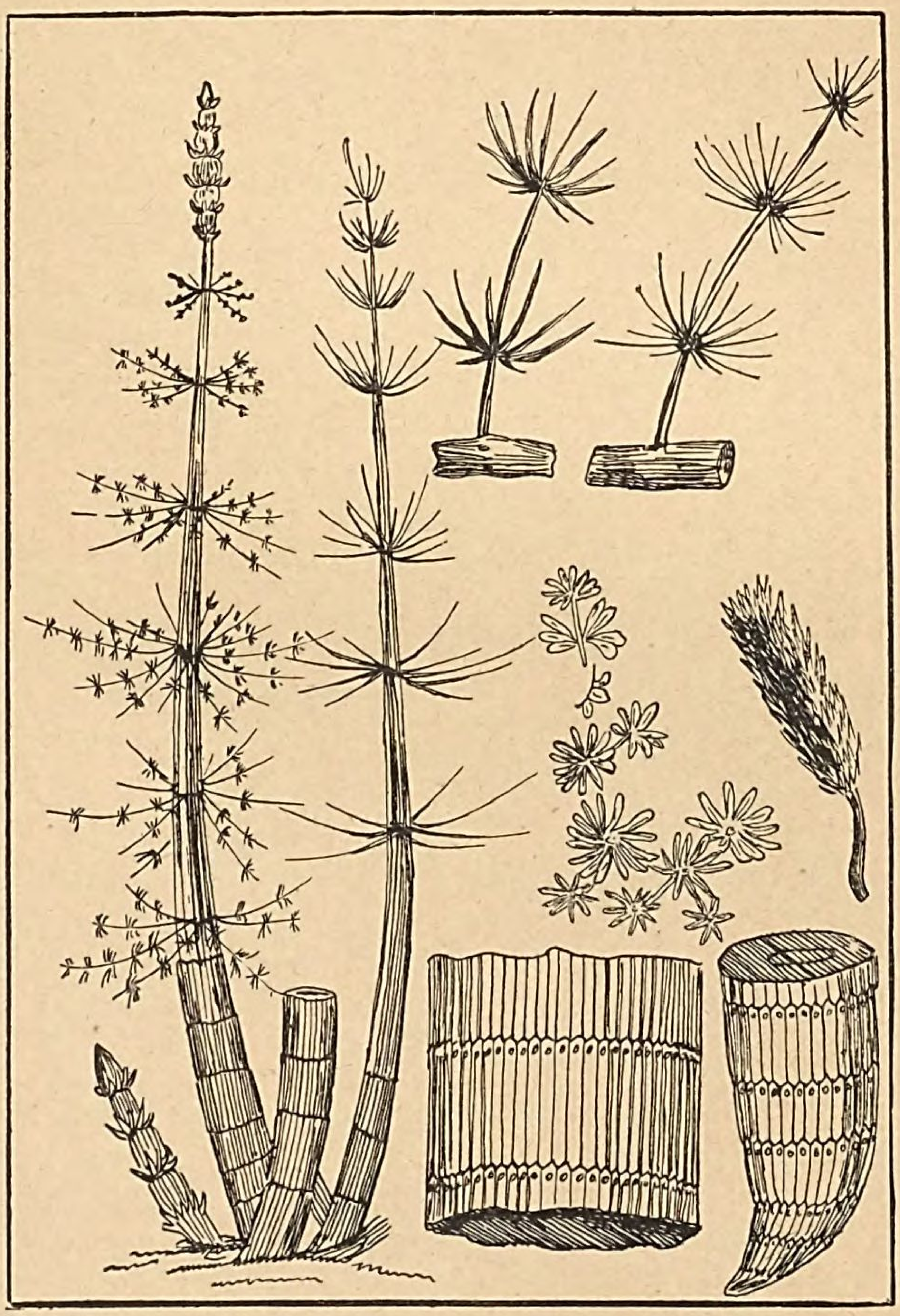
Links Rekonstruktion ganzer Bäume. Daneben oben Gefäß aus dem den Markcylinder umschließenden Holzringe, darunter Gefäß aus dem äußeren Teil desselben Holzringes, und unter diesem ein Blatt; rechts oben Durchschnitt und Querschnitt des Stammholzes, darunter Stamm- und Rindenstücke verschiedener Arten.

„Die Entwickelungstheorie würde auf immer vernichtet worden sein, wenn die Paläontologie z. B. nachgewiesen hätte, daß die Angiospermen zeitlich den Kryptogamen vorausgegangen wären. Ebenso wäre sie stark erschüttert worden, wenn die ersten versteinerungsführenden Schichten gleichzeitig Repräsentanten der verschiedenen Gruppen der Angiospermen, Gymnospermen und Kryptogamen eingeschlossen hätten. In letzterem Falle hätte man notwendig fragen müssen, ob die Schichten, welche die Ueberreste einer so reichen und so hoch ausgebildeten Vegetation uns überliefert haben, mit dem Beginn der pflanzlichen Schöpfung sich hätten vertragen können; sicher aber hätte ein solches Vorkommen nicht sehr zu Gunsten der Unterordnung und Abstammung der Typen gesprochen. So verhält es sich in Wirklichkeit aber nicht.

Die niedriger organisierten Pflanzen treten zuerst auf; zu ihnen gesellen sich allmählich höher differenzierte Gruppen. Die Annahme einer dem Zeitalter der Kryptogamen entsprechenden Periode auf die das Zeitalter der Gymnospermen und das Auftreten der Angiospermen folgt, ist fast selbstverständlich geworden. Diese Annahme giebt die allgemeine Bedeutung dieser Erscheinung wieder; aber sie erklärt nicht alle Einzelheiten, und man muß zugeben, daß sie manchmal in einem zu sehr einschränkenden und infolgedessen ungenauen Sinne ausgelegt worden ist. Berühmte Botaniker, welche die früheren Floren vom Standpunkte der Transformationstheorie aus untersuchten, haben die niedere Organisation der jetzigen Kryptogamen im Verhältnis zu denen der Kohlenperiode als Einwand gegen die von uns vertretene Theorie hervorgehoben. Liegt aber darin etwas, was unserer Theorie widerspricht?

Jeder tierische oder pflanzliche Organismus steht notwendig in einem beständigen Wechselverhältnis mit der Außenwelt. Die Stufe seiner Entwickelung ist durch die Uebereinstimmung zwischen der Einwirkung der äußeren Kräfte und seiner Reaktion dagegen

genau geregelt. Mit anderen Worten: der mehr oder weniger bildungsfähige Organismus sucht sich durch immer weiter gehende Anpassung an die äußeren Bedingungen in seiner Entwickelung zu differenzieren. Allein die Einwirkungen der Umgebung sind schließlich gleichzeitig oder allmählich außerordentlich mannigfache geworden. Ein Wesen, welches auf die vielfältigen Angriffe der Außenwelt genau entsprechend zu reagieren vermöchte, müßte ewig sein, da keine äußere Schädlichkeit es beeinflussen oder zerstören könnte. In einem solchen Zustande finden wir keinen Organismus, vielmehr können wir in jeder morphologischen Gruppe ein Streben nach Differenzierung, d. h. nach einer immer mannigfaltigeren Anpassung an die verschiedenen äußeren Bedingungen nachweisen. So hat sich jeder organische Typus, der von einer einfachen Form ausgegangen ist, differenziert und verzweigt und einem Höhepunkt zugestrebt, der, da die Einwirkungen der Außenwelt selbst, welche die Wesen während ihrer langsamen Entwickelung indirekt bildet, sich fortwährend ändern, nur ein relativer sein kann. Der höchst differenzierte Organismus, d. h. derjenige, welcher der größten Zahl äußerer Kräfte angepaßt ist, ist auch derjenige, dessen Entwickelung die größten Veränderungen zeigt. Der unbedeutendste Wechsel in den äußeren Bedingungen muß den Organismus beeinflussen und folglich seine Existenz beeinträchtigen.



Schachtelhalme aus der Steinkohlenzeit.

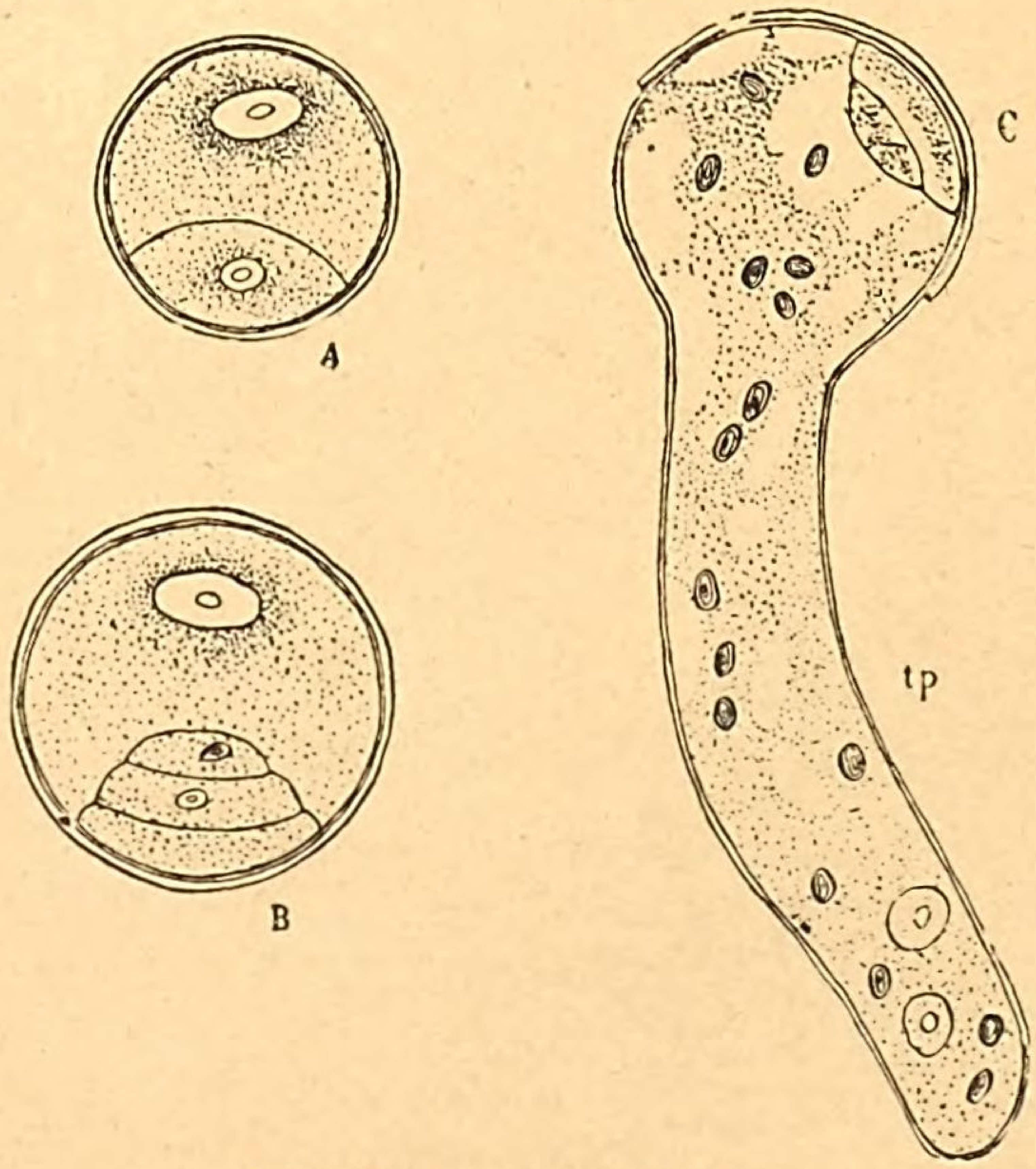
Links Rekonstruktion eines Calamitenstammes, rechts oben Zweige eines solchen, darunter links ebensolche mit zungenförmigen Blättern, rechts daneben Fruchtstand, unten ein Stammstück und das zapfenförmige untere Stammende eines Calamitenbaumes.

Nach diesen Gesetzen folgen nun die Pflanzenformen aufeinander. In einer bestimmten Gruppe haben sich allmählich sehr hoch differenzierte Typen ausgebildet, welche gleichsam der bestimmteste Ausdruck der Anpassung der Gruppe sind. Für jede dieser Formen aber sind die geologischen Veränderungen das Zeichen der Auflösung gewesen. Nur die relativ niederen, wenig differenzierten Formen, die aber häufig durch außerordentliche Fruchtbarkeit eine geringe individuelle Bedeutung ausgleichen, bleiben erhalten; sie vermögen sich neuen Bedingungen anzupassen, welche ihnen gewöhnlich die Gelegenheit zu einem unverhofften Aufschwunge bieten, der sie auf eine höhere Stufe als ihre älteren Geschwister erhebt."

Drittes Kapitel.

Die Blumenpflanzen.

In das Reich der Blumenpflanzen führt uns Häckel in folgender Weise ein: „Aus den dichten Farnwäldern der Primärzeit, welche vorzugsweise aus Laubfarnen, Schuppenbäumen und Siegelbäumen zusammengesetzt sind, treten wir in die nicht minder charakteristischen Nadelwälder der Sekundärzeit hinüber. Damit treten wir aber auch zugleich aus dem Bereiche der blumenlosen und samenlosen Pflanzen oder Kryptogamen in die zweite Hauptabteilung des Pflanzenreiches, in das Unterreich der samenbildenden Pflanzen, der Blumenpflanzen oder Phanerogamen. Diese formenreiche Abteilung, welche die Hauptmasse der jetzt lebenden Pflanzenwelt und namentlich die große Mehrzahl der landbewohnenden Pflanzen enthält, ist jedenfalls viel jüngeren Alters als die Abteilung der Kryptogamen; denn sie kann erst im Laufe des paläolithischen Zeitalters aus dieser letzteren sich entwickelt haben. Mit voller Gewißheit können wir behaupten, daß während des ganzen archäolithischen Zeitalters, also während der ersten und längeren Hälfte der organischen Erdgeschichte, noch gar keine Blumenpflanzen existierten; erst während der Primärzeit haben sie sich aus farnartigen Kryptogamen entwickelt. Die anatomische und embryologische Verwandtschaft der Phanerogamen mit diesen letzteren ist so innig, daß wir daraus mit Sicherheit auch auf ihren genealogischen Zusammenhang, ihre wirkliche Stammverwandtschaft schließen können. Die Blumenpflanzen können unmittelbar weder aus Thalluspflanzen noch aus Moosen, sondern nur aus Farnen oder Pterodophyten entstanden sein. Höchst wahrscheinlich sind die Schuppenfarne oder Selagineen, und zwar die vorher genannten, der heutigen Selaginella sehr nahestehenden Lycopterideen, die unmittelbaren Vorfahren der Phanerogamen gewesen."

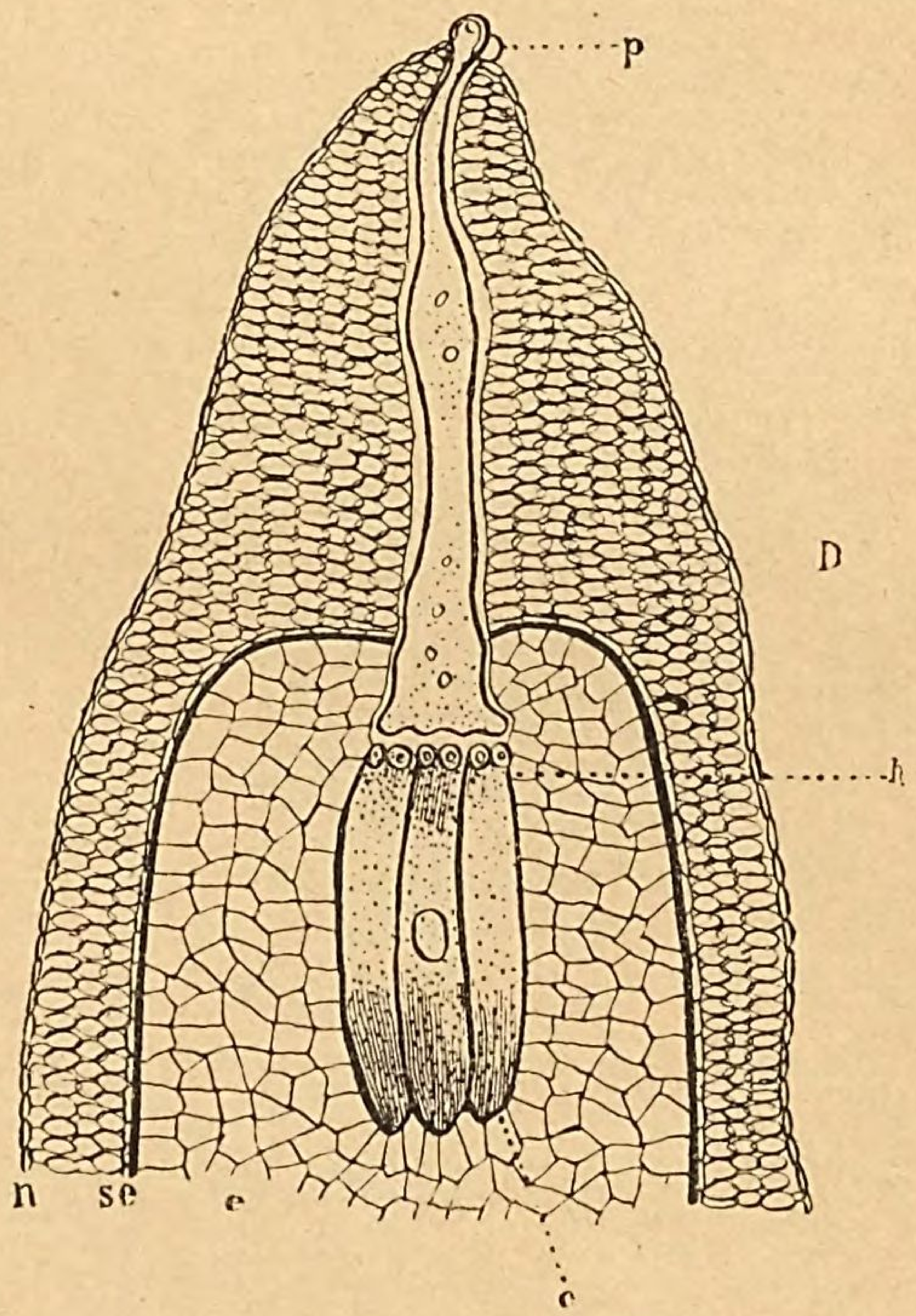


Pollenkörner einer Cykadee.

A Pollenkorn mit Hauptzelle und einer kleineren Tochterzelle; B dasselbe, weiter entwickelt mit dreizelligem Zellenkörper, der die letzte Spur des männlichen Prothallus zeigt. C Pollenkorn mit entwickeltem Pollenschlauch tp, am Ende desselben zwei in der Entstehung begriffene Zellen. Am oberen Ende sieht man noch die im Querschnitt halbkreisförmige Außenhaut des Pollenkornes, die aufgesprungen ist, um dem Pollenschlauch den Austritt zu gestatten.

Der Name „Phanerogamen" rührt von Linné her, der damit alle Gewächse der ersten dreiundzwanzig Pflanzenklassen seines Systems benannte, weil sie deutliche Staubgefäße und Stempel besitzen, die mit mehr oder weniger ansehnlichen Kelch- und Blumenblättern in jenen Gebilden vereinigt sind, die man allgemein als Blüte bezeichnet. Das eigentlich Charakteristische der Phanerogamen beruht jedoch darin, daß aus den im Fruchtknoten vorhandenen Samenknospen sich wirkliche Samen entwickeln, in denen der durch die Befruchtung gebildete Embryo oder Keim längere oder kürzere Zeit eingeschlossen bleibt und dann bei der Auskeimung zu einer neuen Pflanze heranwächst. Man hat deshalb vorgeschlagen, die Phanerogamen lieber als Samenpflanzen oder Spermaphyten zu bezeichnen; doch ist der alte Name so eingebürgert, daß die oben erwähnten wie auch einige andere neuerdings vorgeschlagene Benennungen kaum in Gebrauch kommen werden.

Die Phanerogamen zerfallen in Angiospermen und Gymnospermen. Gymnospermen oder Nacktsamer nennt man im Gegensatz zu den Angiospermen oder Decksamern diejenige Abteilung der Phanerogamen, deren Samenknospen nicht in einem Fruchtknoten eingeschlossen sind, sondern frei auf der Fläche oder an dem Rande der ausgebreiteten Fruchtblätter liegen. Die Gymnospermen stehen in der phylogenetischen Entwickelungsreihe den Gefäßkryptogamen am nächsten; sie bilden gewissermaßen das Verbindungsglied zwischen den letzteren und den Angiospermen. In der Jetztzeit umfassen sie verhältnismäßig nur wenige Gattungen mit zusammen etwa 400 Arten, die allerdings eine sehr ausgedehnte Verbreitung haben. Von den heißesten Regionen der Tropen bis zur Baumgrenze in den kalten Zonen finden sich Vertreter derselben; die meisten bedecken große Flächen als waldbildende Bäume.



Weibliches Organ einer Gymnosperme.

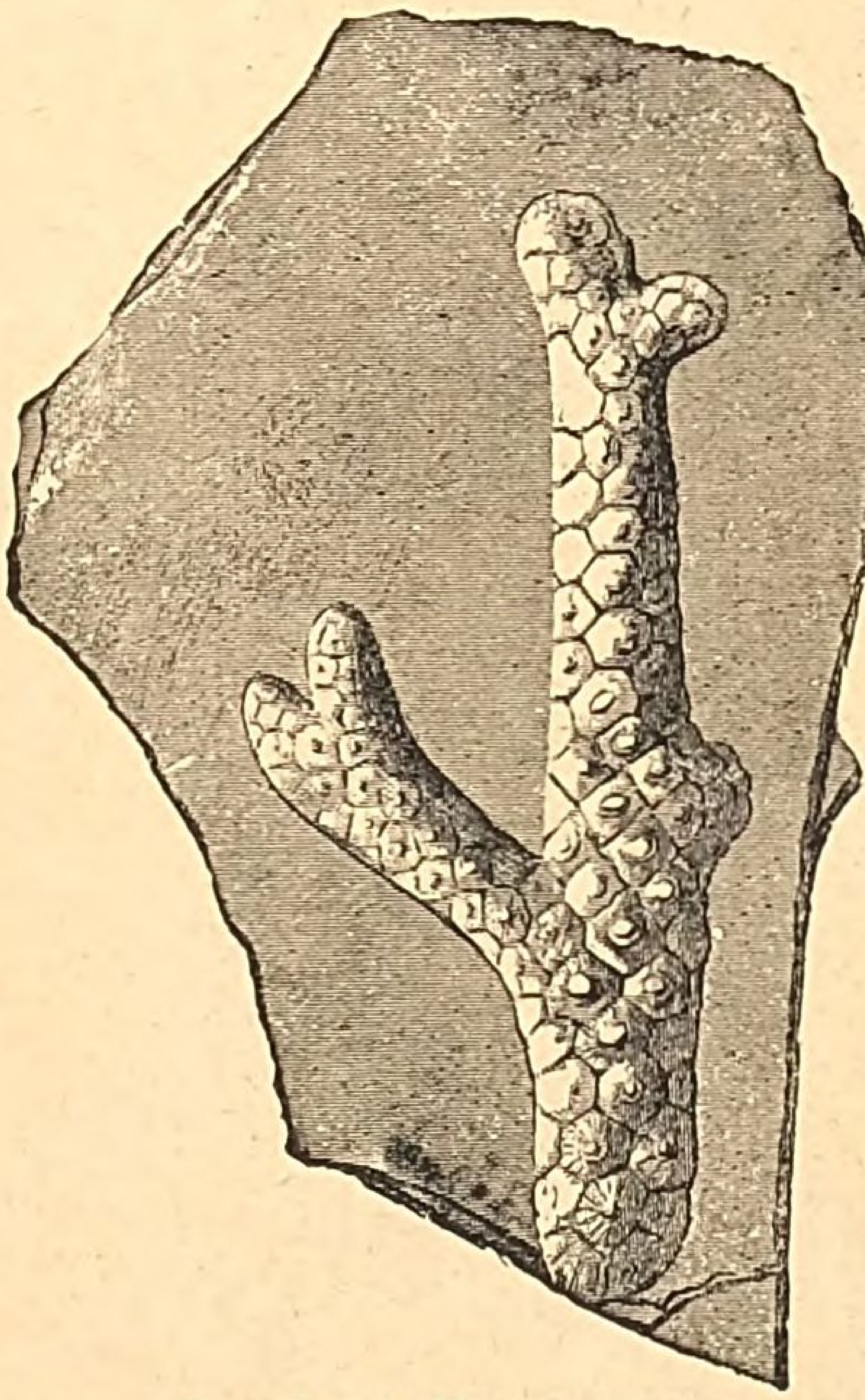
Längsschnitt durch den Knospenkorn und den oberen Teil des Embryosackes der Samenknospe vom Wachholder (Juniperus) zur Zeit der beginnenden Befruchtung. n Gewebe des Knospenkornes; se Embryosack; e Endosperm oder Zellgewebe des Embryosackes, das weibliche Prothallium darstellend; o. die drei Archegonien, hier Corpuscula genannt; h Halszellen der Archegonien, durch deren Vermittelung die Befruchtung vollzogen wird; p Pollenkorn, am Eingange des Keimmundes in einen Pollenschlauch ausgewachsen, welcher bis zu den Corpuscula vordringt und durch den Kontakt mit den Halszellen die Befruchtung vollziebt.

Die Gymnospermen zählen durchaus zu den ausdauernden Pflanzen und es finden sich unter ihnen zahlreiche Arten von sehr hohem Wuchse. Die Blattorgane sind von sehr verschiedenartiger Gestalt; bald sind es große gefiederte Blätter, wie bei den Cycadeen, bald sind sie nadelförmig oder schuppenartig ausgebildet wie bei zahlreichen Nadelhölzern.

Die Gymnospermen zerfallen in drei Unterabteilungen: Cycadeen, Nadelhölzer (Coniferen) und Gnetaceen, von denen die beiden erstern die umfangreichsten sind. Gemeinsam ist den drei Abteilungen der Bau der Blüten und hauptsächlich die Art der Befruchtung. Die weiblichen Blüten enthalten eine oder mehrere nur nackte Samenknospen, die in den meisten Fällen auf der freien Fläche der am Rande eines schuppenförmigen Blattorgans, der sogenannten Fruchtschuppe, sich entwickeln; es fehlt dabei jede Bildung eines dem Fruchtknoten der Angiospermen entsprechenden Gehäuses und ebenso jede Einrichtung, die den Griffeln oder Narben der letztern entspräche. Die Pollenkörper gelangen unmittelbar auf die von der Eihülle gebildete Mikrophyle (den „Keimmund") und treiben von hier aus einen kurzen Schlauch nach dem Scheitel des Knospenkernes, welcher so weit in das Gewebe des letzteren eindringt, bis er sich direkt an den im Innern desselben befindlichen Embryosack anlegen kann. In dem letzteren findet bereits vor der Annäherung des Pollenschlauchs Zellenbildung statt, wodurch der ganze innere Raum von einem parenchymatischen kleinzelligen Gewebe, dem sogenannten Endosperm, ausgefüllt wird; nachdem dies geschehen ist, werden aus einzelnen oberflächlich liegenden Zellen durch verschiedenartige Teilungen die sogenannten Archegonien (Corpuscula) gebildet. Letztere stellen nun die eigentlichen weiblichen Organe dar, entsprechen völlig den Archegonien der Farne, mit Archegoniumhals, Archegoniumbauch und der in dem letzteren enthaltenen Eizelle. Bei der Befruchtung selbst dringt der Pollenschlauch bis zu der Eizelle vor, die sich nun teilt

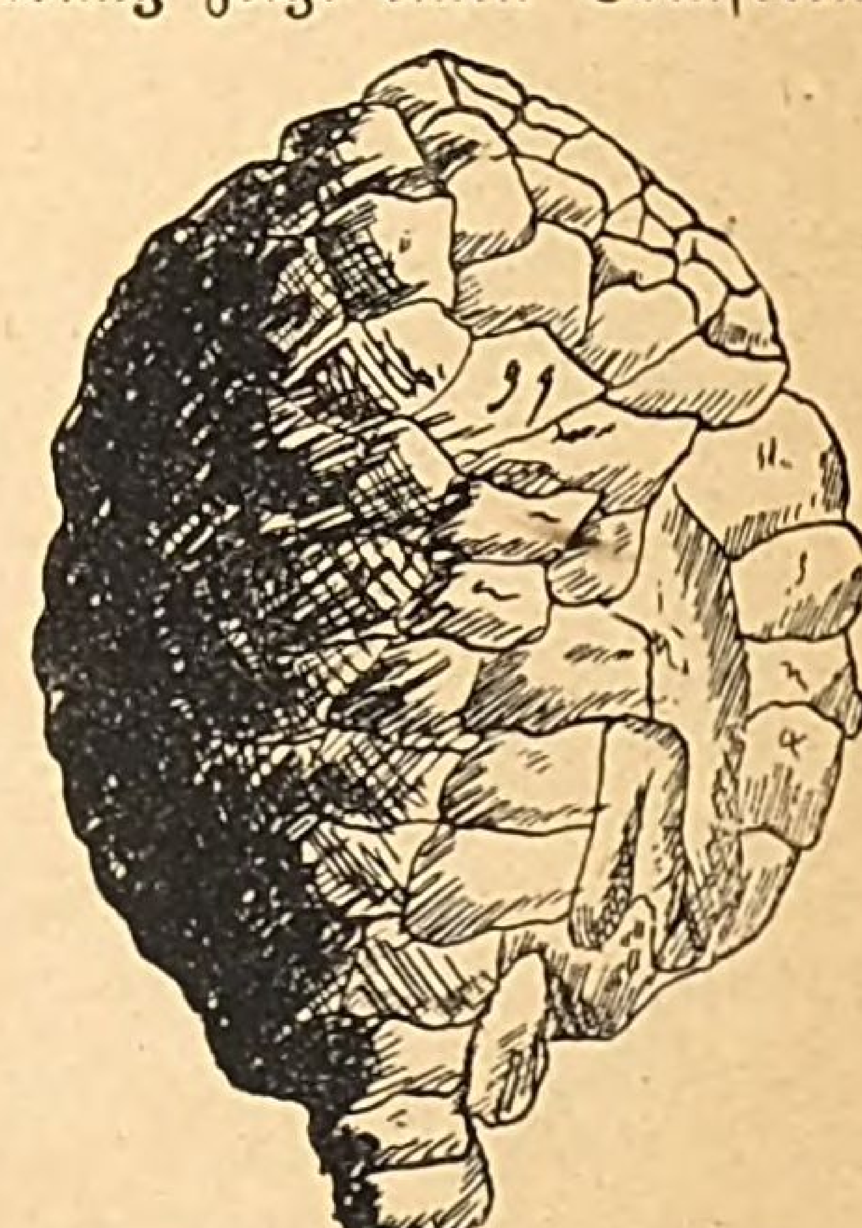
und aus ihrem unteren Teile (nur in wenigen Fällen wird die ganze Eizelle hierzu verwendet) den Embryo bildet. Unsere Abbildungen auf S. 542 und 543 veranschaulichen die Befruchtungsorgane der Gymnospermen und den Befruchtungsvorgang selbst.

Die Makrospore ist hier der Embryosack, das Makrosporangium tritt als „Ovolum“ auf, in welchem die Makrospore sehr bald keimt und ein Prothallium bildet, das die „erste Generation“ vertritt und das ganze Innere des Ovulums erfüllt. Auf diesem eingeschlossenen Prothallium, das den Coniferen und Cycadeen gemeinsam eigen ist, bilden sich die den Archegonien entsprechenden Corpuscula, die von dem rudimentären männlichen Prothallium, dem Pollenschlauche, befruchtet werden. Die Makrospore bleibt während dieses Vorganges im Sporogonium eingeschlossen. Dieses Rudiment eines Sporogoniums ist schon sehr entwickelt, wenn sich das Makrosporangium in Form eines Samenkornes loslöst. Das Resultat der Befruchtung ist die Produktion des Embryo, der die Oospore des Archegoniums darstellt.



Brachyphyllum nepos.

Ebenso wie die Gymnospermen in Bezug auf die Fortpflanzungsverhältnisse als Bindeglied zwischen Kryptogamen und Angiospermen stehen, verhalten sie sich auch in der phylogenetischen Entwickelungsreihe der Pflanzen als solches. Schon in der Steinkohlenperiode treten neben den in größter Ausdehnung vorhandenen Farnkräutern zahlreiche unzweifelhafte Gymnospermen auf. Ferner finden sich noch Cycadeen und andere ihnen nahestehenden Formen; von Nadelhölzern treten schon einige der Abteilung der Taxusgewächse nahestehenden Arten auf. In der Dyas sind die Nadelhölzer schon bedeutend zahlreicher vorhanden, ebenso auch die Cycadeen. Die größte Verbreitung erreichten die Gymnospermen wohl in der Trias- und Jura-Zeit. Unsere obenstehende Abbildung zeigt einen Coniferenzweig aus dem lithographischen Kalkstein von Cirin im französischen Departement Ain. Die Pflanze, der dieser in der Versteinerung in vortrefflichem Halbrelief (halberhabenem Bilde) erhaltene Zweig angehört hat, wird von Saporta-Marion Brachyphyllum nepos genannt; sie war von kurzzweigigem Bau und hatte schildförmig verbreitete Blätter. In der Kreide treten die Gymnospermen allmählich gegen die nunmehr sich entwickelnden Angiospermen zurück, weichen aber diesen gegenüber aus ihrer dominierenden Stellung erst in der Tertiärzeit. Sie nehmen jetzt an Zahl der Arten ab, stellen aber trotzdem doch noch in der Gegenwart einen bedeutenden Prozentsatz der gesamten Pflanzendecke dar.

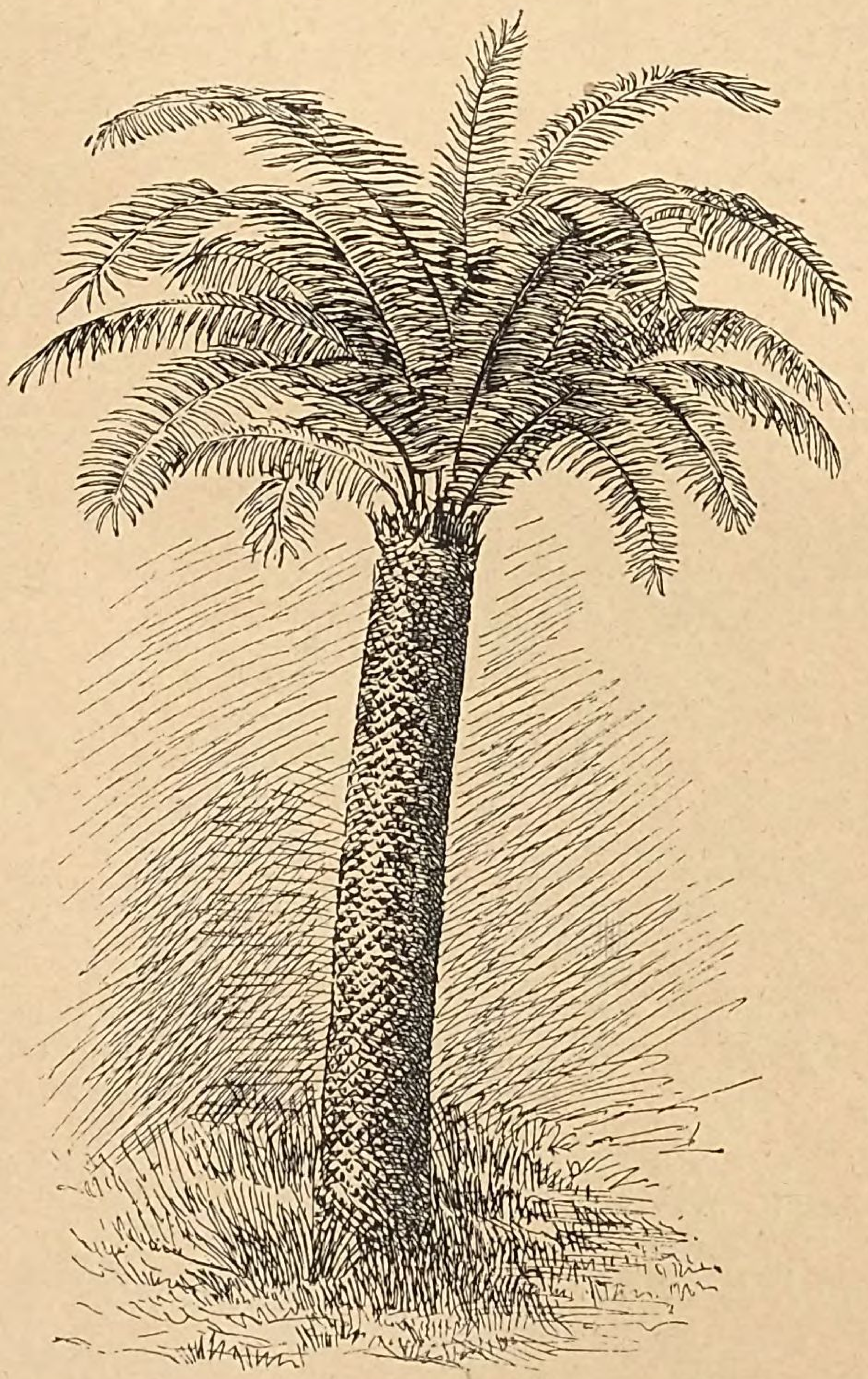


Fruchtkegel einer Farnpalme.

Die niedrigste Stufe der Gymnospermen bilden die Farnpalmen oder Cycadeen, die in ihrer äußeren Gestalt sowohl den Palmen als den Farnbäumen oder baumartigen Laubfarnen gleichen. Sie tragen eine aus Fiederblättern zusammengesetzte Krone, welche entweder auf einem dicken niedrigen Strunke oder auf einem schlanken, einfachen säulenförmigen Stamme sitzt. In der Gegenwart ist diese einst formreiche Klasse nur noch durch wenige, in der heißen Zone lebende Formen vertreten; dagegen zeigen die ausgestorbenen

und versteinerten Zapfenfarne, welche namentlich in der Mitte der Sekundärzeit (während der Juraperiode) in größter Masse auftraten und damals vorzugsweise den Charakter der Wälder bestimmten, die größte Mannigfaltigkeit. Unsere Abbildung auf S. 544 stellt den Fruchtkegel einer Farnpalme aus der Uebergangszeit zwischen Jura und Kreide dar.

Bis auf unsere Zeit hat sich die Klasse der Nadelhölzer oder Zapfenbäume (Coniferen) in voller Entwickelung erhalten. Noch gegenwärtig spielen die dazu gehörigen Cypressen, Wachholder- und Lebensbäume (Thuja), die Taxus- und Gingkobäume, die Araukarien und Cedern, vor allen aber die formenreiche Gattung Pinus mit ihren zahlreichen und ansehnlichen Arten, den verschiedenen Kiefern, Pinien, Tannen, Fichten, Lärchen u. s. w. in den verschiedensten Gegenden der Erde eine höchst bedeutende Rolle; sie setzen ausgedehnte Waldgebiete fast allein zusammen. Häckel bezeichnet aber diese Entwickelung der Nadelhölzer als schwach im Vergleiche zu der weitaus überwiegenden Herrschaft, welche sich diese Klasse während der älteren Sekundärzeit, in der Triasperiode, gegenüber den übrigen Pflanzen erworben hatte. Damals bildeten mächtige Zapfenbäume in verhältnismäßig wenigen Gattungen und Arten, aber in ungeheuren Massen von Individuen beisammenstehend, den Hauptbestandteil der mesolithischen Wälder. Sie rechtfertigen die Benennung der Sekundärzeit als des „Zeitalters der Nadelwälder“, obwohl die Coniferen schon in der Jurazeit von den Cykadeen überflügelt wurden. Zeugnis von der Coniferenpracht, die noch in der Tertiärzeit unsere heimatliche Scholle geschmückt hat, legen die Reste von Cypressen-Wäldern ab, die in der Mark Brandenburg an der Braunkohlengrube „Viktoria“ bei Groß-Räschen, an der Bahnlinie Lübbenau-Kamenz, zu Tage gefördert werden. Hier tritt, wie Wilh. Braunsdorf schreibt, dem Auge ein Stück uralter, vor Jahrtausenden versunkener Waldherrlichkeit, eine gigantisch geformte organische Welt aus grauer Zeit entgegen.

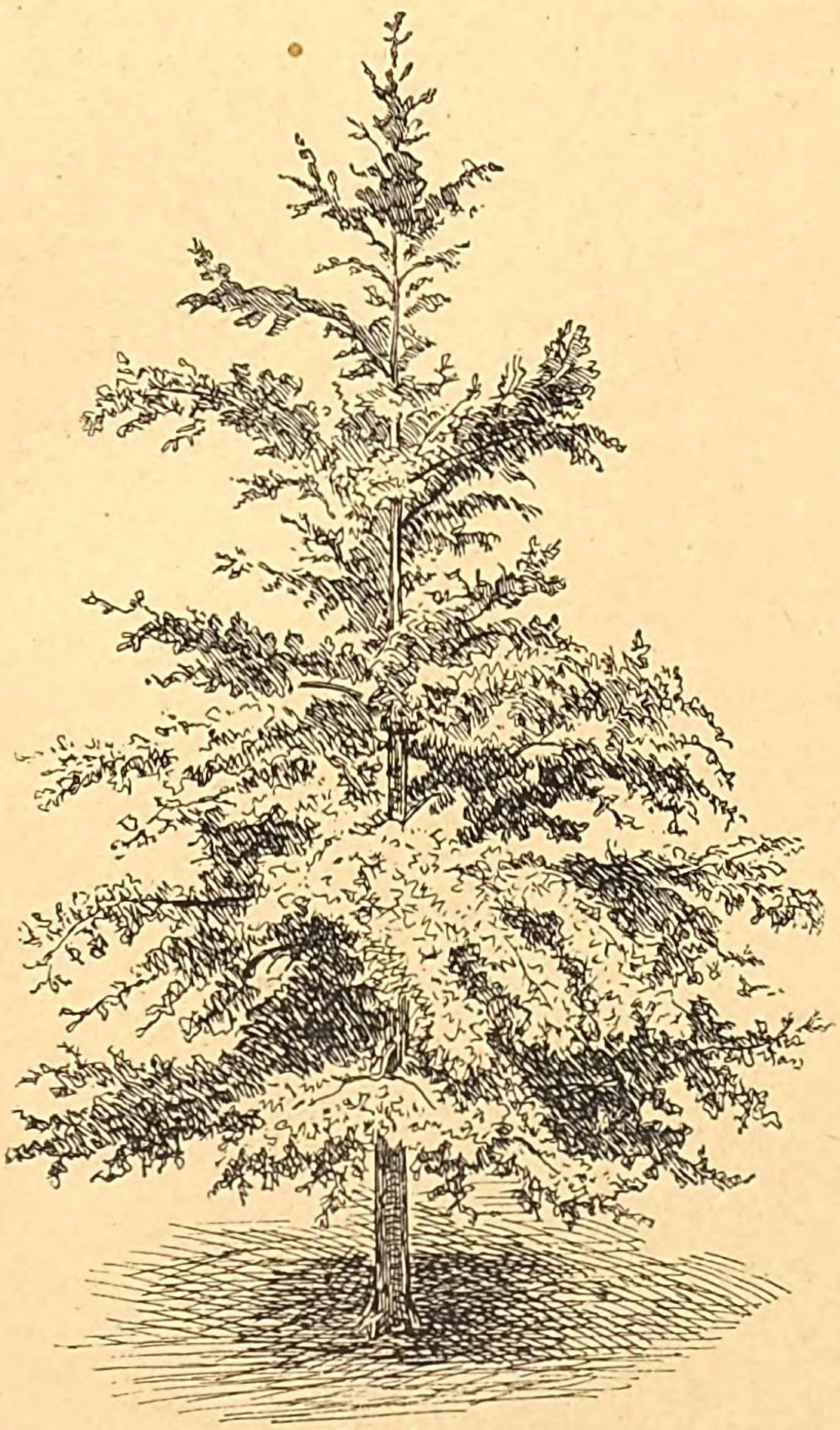


Cykadee.

Die Grube „Viktoria“ ist ein Tagbau. Schon seit längerer Zeit waren die Kohlengräber mit einer gewissen Regelmäßigkeit am Grunde des Kohlenflötzes auf die Stümpfe riesenhafter, aufrechtstehender Bäume gestoßen, die überaus gut erhalten, nicht mineralisiert und nicht zu Kohle geworden waren und deshalb der Gewinnung der eigentlichen Kohle Hindernisse bereiteten.

Immer neue, teilweise ungeheure Stümpfe wurden bloßgelegt. Als die Gelehrtenwelt Kenntnis von den interessanten Funden erhielt, entsandte die Direktion der geologischen Landesanstalt zu Berlin den Pflanzen-Paläontologen Dr. Potonnié zur Vornahme eingehender Untersuchungen nach dem Entdeckungsgebiet.

Betritt man den Tagbau der Grube, so thut sich den Blicken gleichsam eine neue Welt auf, ein aus vieltausendjähriger Vergangenheit wiedererstandener Wald der obermiocänen, richtiger pliocänen Abteilung des Tertiärs. Auf einer mehrere Morgen großen Fläche erheben sich auf der Sohle des Kohlenflötzes, völlig freigelegt, in gewissen Abständen mehrere Meter hohe Wurzelstümpfe riesiger Bäume, schwärzlichbraune, teilweise hellbraune Stämme, wohlerhalten und meist noch mit der Rinde bekleidet. In dieser und dem darunter liegenden Holz erkennt man deutlich die Minierarbeit von Kerbtieren. Das Holz sieht zum größten Teil noch „wie neu“ aus, ist schwärzlich-braun bis hellbraun und hat große Aehnlichkeit mit dem Holze unserer Zigarrenkisten. Bisher sind schon mehr als hundert solcher Stümpfe bloßgelegt, und was dem Beschauer Achtung abnötigt, das ist der gewaltige Stammumfang, den dieselben aufweisen.



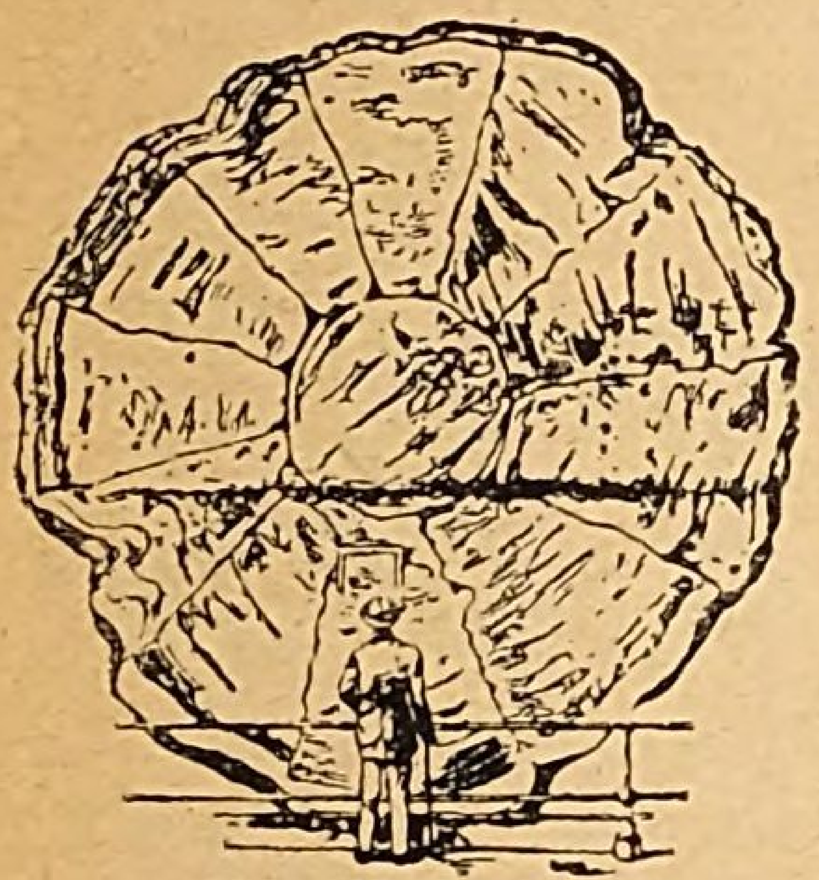
Gingkobaum,
eine Uebergangsform zwischen Nadel- und Laubhölzern.

Die Untersuchungen des Dr. Potonnié haben ergeben, daß es sich um die Wurzelstümpfe der in Deutschland bisher noch nicht aufgefundenen Sumpfcypresse handelt, eine Conifere von auffallend konischem Wuchse, die eine Höhe von 150 Fuß erreicht und heute als heimischer Waldbaum nur noch in den Küstensümpfen des unteren Mississippi im Staate Louisiana, den sogenannten Swamps (Waldmooren) vorkommt.

Aus dem Vorkommen dieser Wurzelstümpfe im Kohlenlager der Grube „Viktoria“ muß somit geschlossen werden, daß zur Zeit ihrer Bildung im Miocän in Deutschland ähnliche klimatische Verhältnisse geherrscht haben, wie jetzt im südlichen Teile von Nordamerika. Die Sumpfcypresse ist auch bei uns seit etwa 200 Jahren hier und da in Parks angepflanzt worden, ohne jedoch keimfähigen Samen zu entwickeln und eine solche Höhe zu erreichen, wie an ihrer subtropischen Heimatstätte.

Im Gegensatz zu anderen Nadelhölzern wirft die Sumpfcypresse im Winter nicht nur die Nadeln, sondern auch die jüngsten Sprossen ab. Aus diesen Abfällen, sowie aus Unterholz und Gestrüpp ist die eigentliche abbauwürdige Braunkohle entstanden, und da die Bäume im Sumpfe standen, so entstand unter Luftabschluß durch das Wasser keine vollständige Verwesung, sondern ein kohliges Produkt. Allmählich erhöhte sich das Moor, die Bäume starben ab oder wurden durch irgend welche elementare Gewalten vernichtet, und auf den Leichen der Vorfahren wuchsen neue Generationen empor. Wie der Augenschein

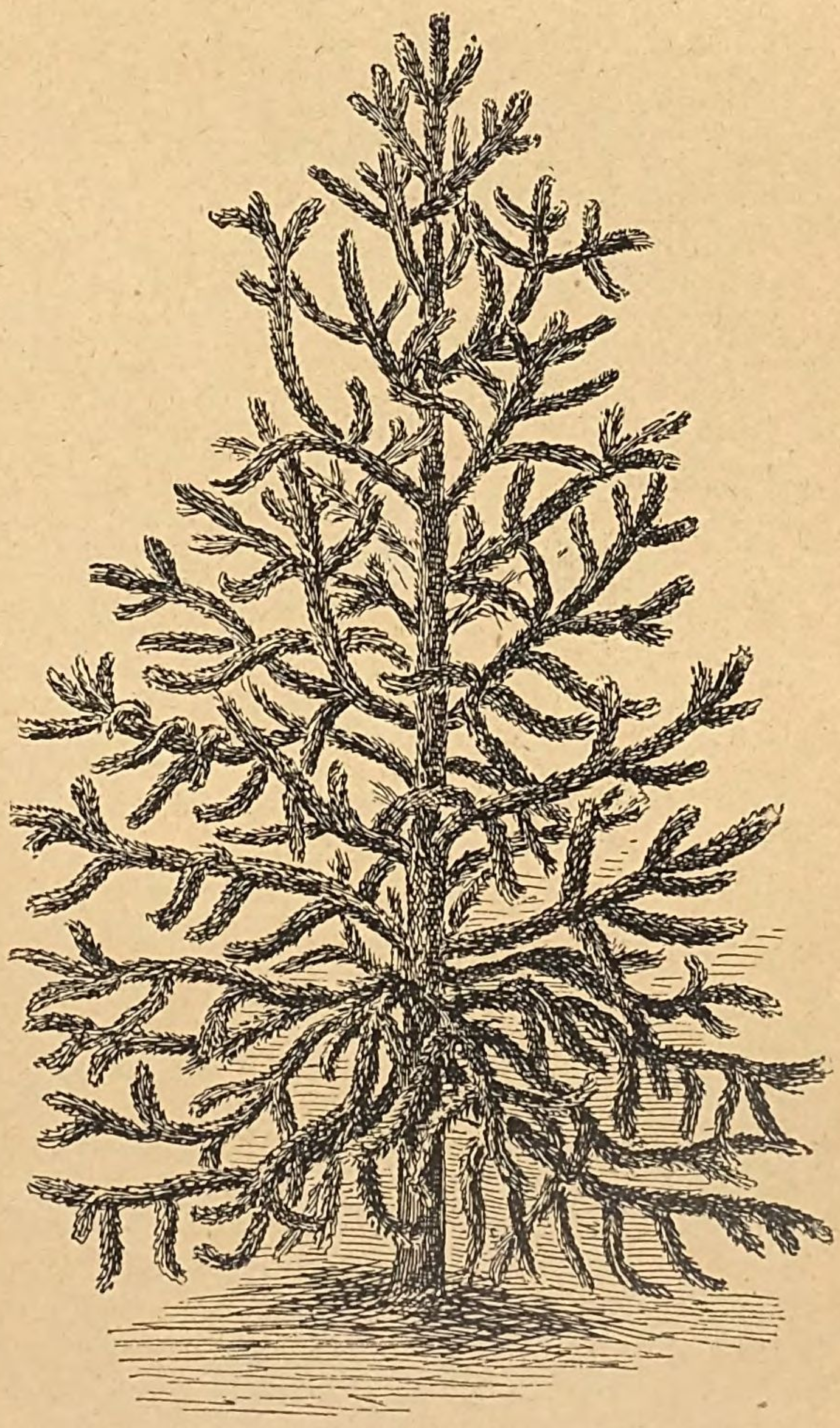
lehrt, liegen in der Grube „Viktoria" mehrere solcher Cypressenwälderschichten übereinander. Sie sind durchaus an Ort und Stelle gewachsen und liefern den unanfechtbaren Beweis, daß die in vielen wissenschaftlichen Abhandlungen verbreitete Ansicht, als seien die Braunkohlen der Niederlausitz aus dort angeschwemmten Bäumen und anderen Pflanzenkörpern entstanden, falsch ist.


Ein Riesenbaum.

Noch weit gewaltigere Vertreter dieser Gruppe von Nadelhölzern sind die Mammutbäume, die bereits im Miocän massenhaft auftreten und gegenwärtig namentlich in Californien in riesigen Exemplaren vorkommen. Einer dieser Mammutbäume ist im Stammdurchschnitte in unserer nebenstehenden Abbildung dargestellt. Dieses Exemplar, das im Museum des New-Yorker Centralparkes ausgestellt ist, hat 18 m im Umfang, eine Höhe von 358 Fuß und einen Körperinhalt von 400 000 Kubikfuß. Diese der Gegenwart angehörigen Mammutbäume erreichen ein außerordentlich hohes Alter; man hat die Ringe eines solchen gezählt und sein Alter danach auf 1330 Jahre festgesetzt.

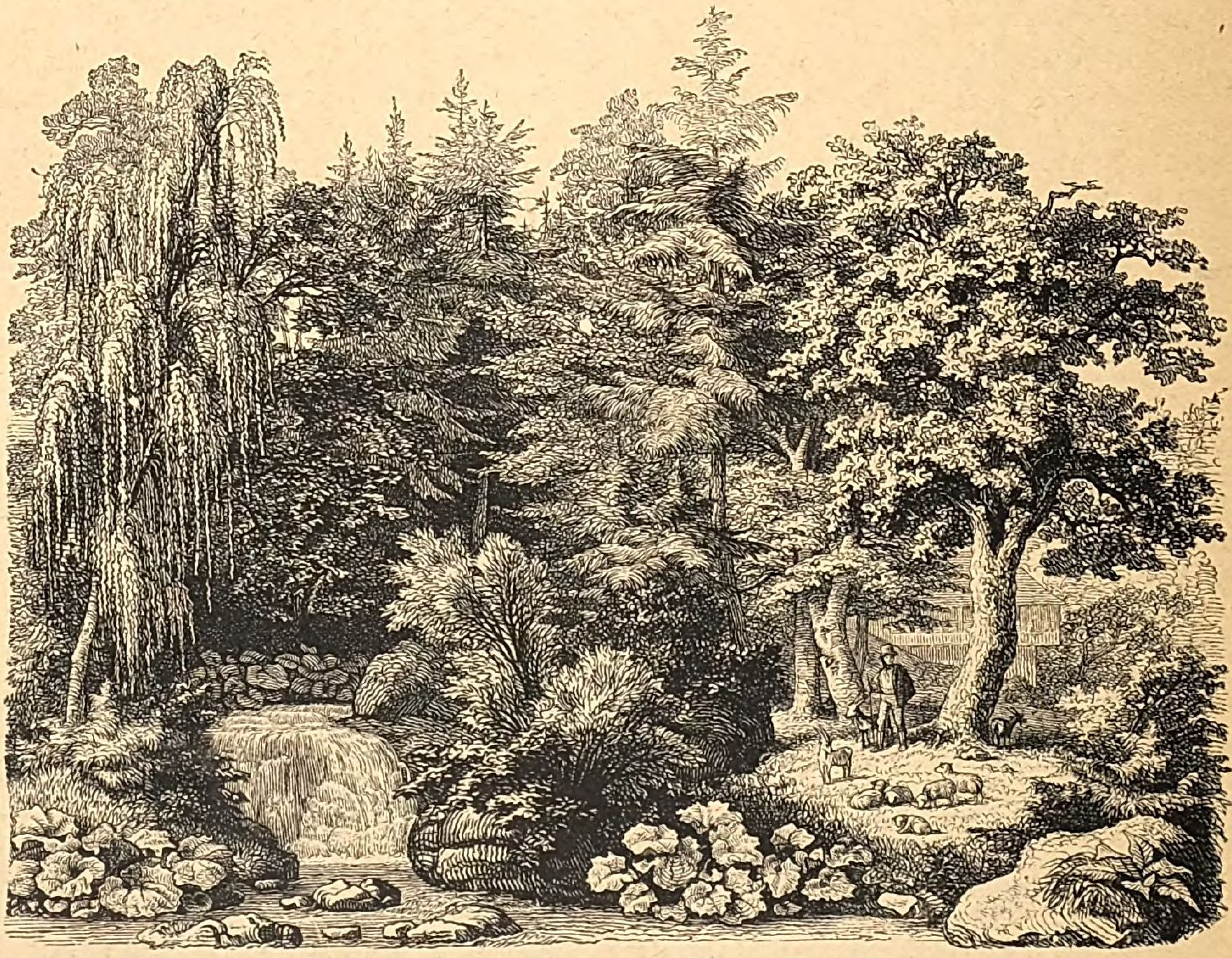
Die Stammgruppe der Coniferen hat sich schon früh in die beiden Zweige der Araukarien und Taxus- oder Eibenbäume gespalten, von denen die erstere der Hauptmasse der Nadelhölzer als Stamm diente, wogegen die letztere den Meningos oder Gnetaceen entsprossen ist, in welchen wir die Uebergangsgruppe zu den Dikotyledonen zu erblicken haben, dieser höher entwickelten Klasse der Abteilung der Angiospermen.

Bei der mit diesem Namen bezeichneten Abteilung der Phanerogamen sind die Samenknospen in einem Fruchtknoten eingeschlossen und entwickeln sich darin zu reifen Samen. Die Angiospermen bilden in der phylogenetischen Entwickelungsreihe des Pflanzenreiches die höchste Stufe und zugleich die umfangreichste Abteilung desselben, da sie gegen 100 000 Arten enthalten. Die Angiospermen zerfallen in die zwei großen Gruppen der Monokotyledonen und Dikotyledonen, die sich durch die Anzahl der Samenlappen oder Keimblätter (Kotyledonen) am Keimling, sowie durch zahlreiche sonstige Merkmale unterscheiden. Während, wie wir gesehen haben,


Araukarie.

bei den Gymnospermen kein eigentlicher Fruchtknoten sich entwickelt, sondern bloß einzelne Fruchtblätter mit unbedeckten Samenknospen vorhanden sind, haben die Angiospermen stets einen aus einem einzigen oder aus mehreren miteinander verwachsenen Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten, der die auf den Fruchtblättern sitzenden Samenknospen vollständig umhüllt, bis sie zu reifem Samen sich weiterentwickelt haben.

Die Vereinigung von Fruchtblättern zum Fruchtknoten stellt das Ovarium der Angiospermen dar, eine Art von sehr vervollkommnetem „Sorus" (Sporangienhäufchen), wie wir dies bei den Farnen finden. Dazu kommen noch die Sondergebilde, welche die weiblichen Geschlechtszellen produzieren und deren Entstehung aus den Fruchtblättern in den meisten Fällen leicht nachgewiesen werden kann.



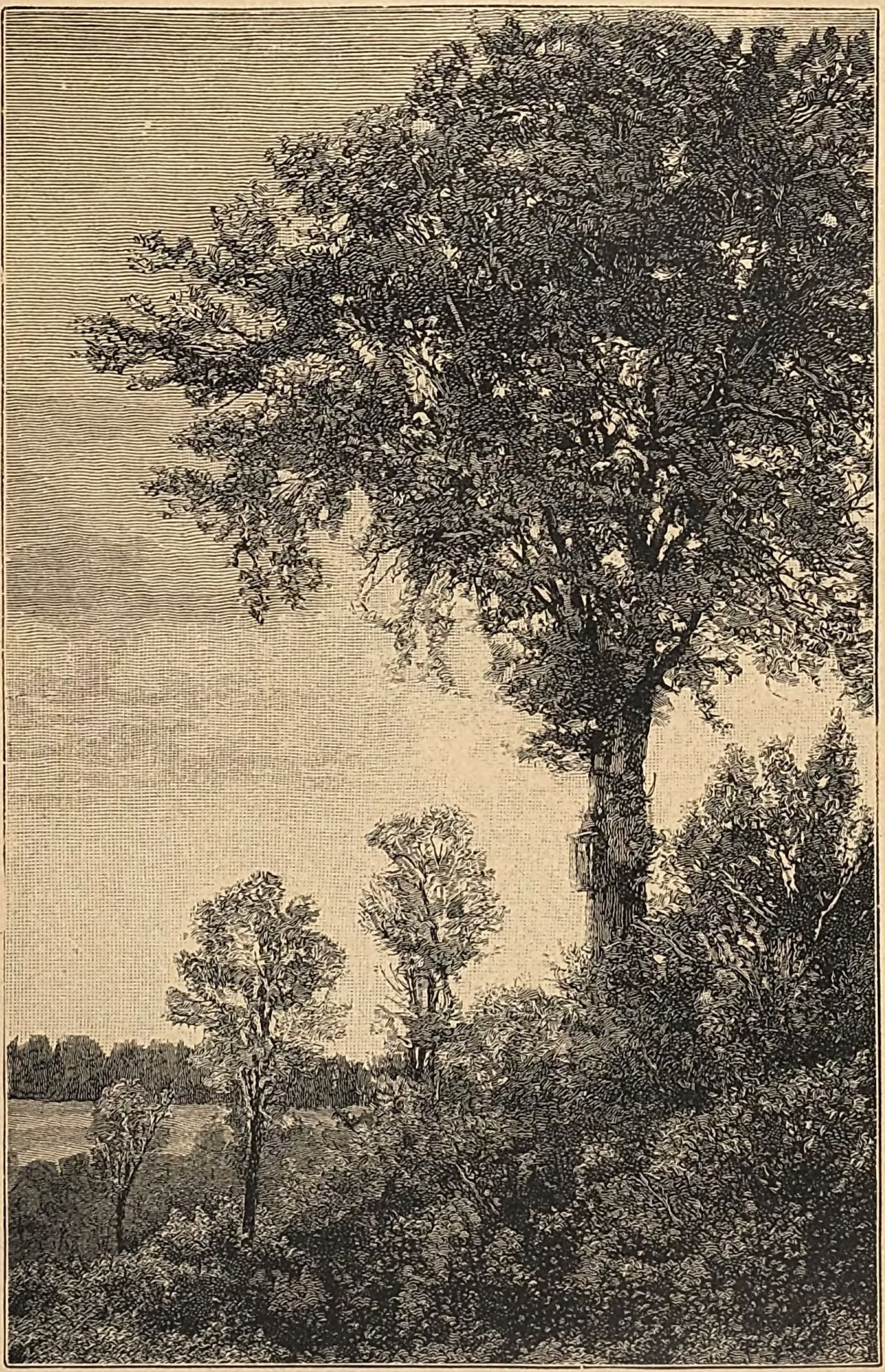
Kombiniertes mitteleuropäisches Waldbild.

Diese Sondergebilde faßt man unter der Bezeichnung Samenanlage zusammen. Die Fruchtblätter bilden entweder förmliche Gehäuse oder doch sackförmig geschlossene Hüllen um die Samenanlagen, die in einen entweder dichten oder hohlen, längeren oder kürzeren Fortsatz auslaufen, welcher Griffel genannt wird. Dieser wird von einem meist verdickten oder gespaltenen Organ, der sog. Narbe gekrönt, von welcher in vielen Fällen eine Flüssigkeit ausgesondert wird. Durch diese neue Differenzierung wird, wie Saporta-Marion hervorheben, dem Ovulum (oder Makrosporangium) ein größerer Schutz gewährt und dieses noch versteckter; damit übereinstimmend reduziert sich der weibliche Thallus noch mehr.

Im Ovulum der Angiospermen teilt sich eine primitive Mutterzelle in vier Tochterzellen, die man als eben so viele Mutterzellen von Makrosporen betrachten könnte und deren Rolle ebenso unbedeutend ist, wie die der Mikrosporen der Pollenkörner. Die centralen Zellen des Ovulums diffenzieren sich, ohne ein wirkliches weibliches Prothallium zu bilden, mit einer gewissen Arbeitsteilung. Die einen werden zu Embryonalzellen, den

letzten Rudimenten der Archegonien, die nur durch eine Oospore und vielleicht durch eine Halszelle repräsentiert werden, welche letztere allein die befruchtende Einwirkung des Pollenschlauches empfängt. Die anderen Makrosporen, die sozusagen rudimentäre und unfruchtbare Prothallien darstellen, dienen nur zum Schutze und zur Ernährung der Embryonalzelle. Nach der Befruchtung enthält also das Makrosporangium schon einen Sporogon-Embryo, der den geschlechtlichen Prothallus gänzlich verdrängt hat.

Mit der höheren Entwickelung der Pflanzenwelt hat sich auch deren Verteilung auf bestimmte Zonen und Gebiete immer mehr ausgebildet, und die Pflanzengeographie, die uns davon ein umfassendes Bild giebt, hat sich zu einer sehr umfangreichen Wissenschaft ausgebildet. Welche Gegensätze in dieser Beziehung herrschen, veranschaulichen dem Leser die nachfolgenden Landschaftsschilderungen. — Ueber den deutschen Wald schreibt Schweiger-Lerchenfeld in seinem „Neuen Buche der Natur“: „Nicht nur dem Auge des Naturforschers, auch dem des ästhetisch geschulten Naturfreundes bietet der Wald manche köstliche Stunde, wenn er die grünen Hallen mit ihrer schattigen Dämmerung und den aufzuckenden Lichtern unter den Wölbungen der Kronen durchwandert. Wer von einem solchen Gange besonderen Nutzen



Eschen.

im Sinne naturwissenschaftlicher Schulung einheimsen will, wird sich einen gemischten Bestand wählen. (Unsere Abbildung auf S. 548 giebt die ideale Darstellung eines solchen in buntester Mannigfaltigkeit.) Der gemischte Bestand ist nicht nur viel malerischer als der einheitliche, sondern er erscheint zugleich dem Auge erfreulicher durch den mannigfachen Wechsel an Formen und Farben, welch letztere vornehmlich in der Abtönung der Belaubung zur Geltung kommen.



Birken.

Jenseits der blumenreichen Wiesen, welche den Abhang bedecken, den der Verfasser für die Zwecke seiner Schilderung aufgesucht hat, baut sich die grüne Wand auf, hinter der sich die kühlen Gründe des Waldes aufthun. Die Lage ist nicht sehr hoch, und so hat sich hier eine ziemlich bunte Gesellschaft zusammengefunden. In allen Abstufungen des Grüns ragen die hohen Wipfel in die heitere Bläue hinaus. Wir befinden uns bereits in den Tagen des Hochsommers, woran außer der üppigen Belaubung auch die vielfachen Ansätze von Fruchtkapseln erinnern.

Die ersten Bäume, welchen wir näher treten, sind die Eschen. In der Regel zieht die Esche das Tiefland vor und verkümmert in hohen, trockenen Lagen. Hier, wo der Wald seine überflüssige Bodenfeuchtigkeit an die sanft geneigte Matte abgiebt, scheint sie

sich ganz wohl zu befinden. Ihr Stamm ist walzenrund und langgestreckt; die Belaubung ist ziemlich dicht, die Form der Krone daher etwas plump, wenig gegliedert. Jedermann kennt die reichlich über eine Mannshand langen, gefiederten Blätter mit ihren sechs Blätterpaaren und dem Endblatte an der Spitze des Blattstieles. Durch die gefiederten Blätter zeichnet sich die Esche vor allen anderen Waldbäumen aus. In gemischten Beständen bringt sie durch ihre hellgrüne Belaubung eine angenehme Kühlung.

. . . . Gehen wir weiter. Schon während des Aufstieges an der saftig grünen Lehne sind uns die weißen, schlanken Stämme einiger Birken aufgefallen. Sie bilden hier eine lange Zeile dicht am Waldessaume und bringen durch ihre flitterige Belaubung gewissermaßen ein frisches Lebenselement in die schweigsame Stille des Waldes. Nichts ist anmutiger als ein solcher Baum. Indem der Stamm wenig geschwächt sich durch die Krone fortsetzt, streckt er nicht sehr zahlreiche kurze, selten starke Aeste aus, wodurch die Krone schlank und durchsichtig wird. Die Birke bringt zugleich mit der Lerche das erste Grün in den Frühling, und sind in dieser Zeit namentlich die zahlreichen bräunlichen Blütenkätzchen auffällig. . . . .



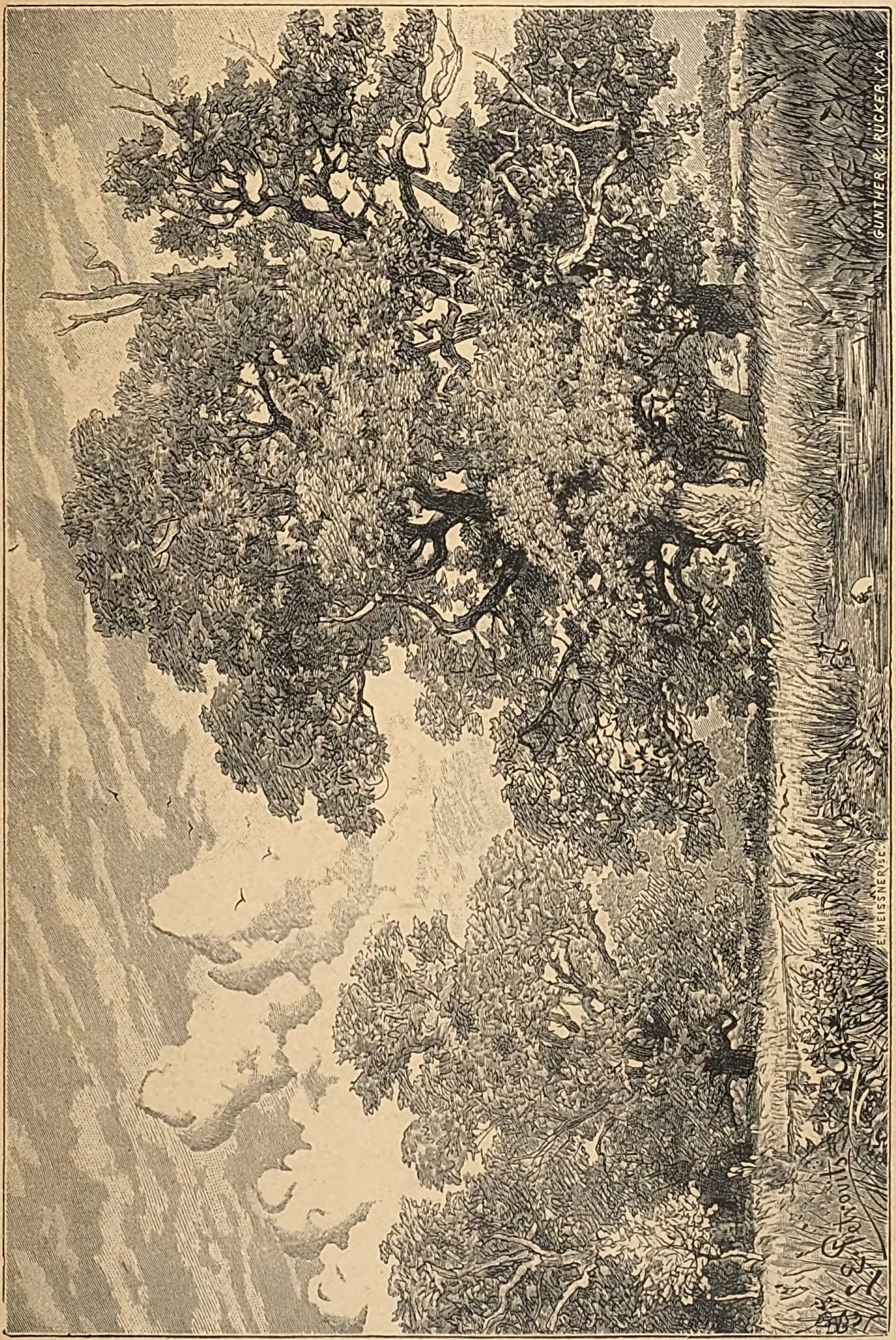
Rotbuche.

Am Waldsaume zeigen sich auch etliche Ahornbäume. Es sind durchwegs Individuen des weißen oder Bergahorns, stattliche Exemplare von wunderbar plastischer Gestaltung der dichten Krone. Der Ahorn liebt die Ränder von gemischten Beständen und felsigen Schluchten, bedarf aber, um sich zu einem Baume erster Größe zu entwickeln, eines feuchten Grundes. Hier im moosigen Grunde gedeiht er vorzüglich. Die meisten Individuen sind zweistämmig, woraus sich die reiche Gliederung der Krone erklärt. Andere charakteristische Merkmale sind die vielen starken Buckel und Vertiefungen des etwas gekrümmten Hauptstammes, die tief unten beginnende Verästelung, die starken Aeste und die breit ausladende Krone. Der Stamm des Ahorns ist hauptsächlich deshalb bemerkenswert, weil er niemals Borke ansetzt. . . . .



Tannen.

Jetzt endlich haben wir den Saum des Waldes hinter uns und treten in die Kühlung der grünen Halle ein. Soweit der Blick reicht, stehen sie in mäßiger Entfernung voneinander: die schlanken, glatten Stämme der gemeinen Rotbuche, gleich Säulen zum Himmel ragend. Unter den schön gerundeten Wölbungen herrscht eine angenehme Dämmerung, vielfach durchwellt von Sonnenflittern, die durch die Laublücken eindringen. Da die Stämme ihre Aeste ziemlich hoch ansetzen, erhält ein



Eichengruppe.

solcher Bestand viel Aehnlichkeit mit einer Säulenhalle, ein Vergleich, der in unzähligen Schilderungen und poetischen Ergüssen immer wiederkehrt.

In den nächst höheren Lagen geht der gemischte Laubwald in einen gleichfalls gemischten Nadelholzbestand über. Zu Beginn überwiegen die Tannen, höher oben die Fichten. Am Rande der Schlucht, die sich nach dem Thale hin öffnet, steht auch eine Gruppe von Lärchen. Dagegen fehlt die Kiefer, die sich in der Regel mit einem etwas kümmerlichen Boden begnügt, hier gänzlich. Offenbar ist ihr dieser Waldgrund zu feucht, die Lage zu wenig sonnig. . . . .

Die Frage, ob der Nadelholzwald schöner, erquickender sei als der Laubwald oder umgekehrt, kann hier nicht in Betracht kommen. Die Sache läßt sich überhaupt nicht generalisieren, da es ganz wesentlich darauf ankommt, ob der Bestand aus Tannen, Fichten oder Lärchen, beziehungsweise Kiefern (Föhren) zusammengesetzt ist. Jeder dieser Baumtypen, verschieden bezüglich des Aufbaues, der Färbung und sonstiger Eigentümlichkeiten, verleiht dem Walde ein bestimmtes Gepräge. Der Tannenwald ist in der Regel nicht so dicht wie der Fichtenwald, weil sich die Kronen mehr ausbreiten; er ist daher durchsichtiger, wenn der Boden nicht mit jungen Tannen bedeckt ist, die im Schatten der alten Bäume gut gedeihen, während die Fichten im tiefen Schatten nicht fortkommen. Noch lichtbedürftiger ist die Kiefer, am lichtbedürftigsten die Lärche. Von weiterem Einflusse auf die Gestaltung des Nadelholzwaldes ist die Farbe des Stammes und die Astbildung. Der Fichtenwald hat aus der Ferne das Aussehen einer Anhäufung von Spitztürmen, während die Tannenwipfel sich mehr runden. Noch auffälliger ist das Verjüngungsverhältnis nach oben bei der Lärche, deren Gestalt häufig völlig derjenigen einer Pyramide gleicht. Die hellfarbigen Stämme der Tanne geben dem Walde ein lichtes Aussehen. Dagegen sind die Fichtenstämme graubraun und rotgesprenkelt (daher „Rottanne"), von Moos überzogen und durch Pechbeulen unregelmäßig. Die älteren Lärchenbäume haben eine ziegelrote Rinde, die eine blätterige Borke bilden. . . . .

Die prächtigste Staffage aber bildet eine Gruppe von Eichen am Wiesenwege, den wir nun heimwärts einschlagen. Sie sind durchwegs Stiel- oder Sommereichen. Die Trauben- oder Wintereiche liebt die Niederungen nicht. Bekanntlich liegt das Unterscheidungszeichen beider Eichenarten in der Gestaltung ihrer Früchte. Bei der Stieleiche sind die Stiele, welche die Früchte tragen, lang, bei der Traubeneiche hingegen fehlen sie fast ganz, so daß die Früchte unmittelbar an den Zweigen sitzen. Merkwürdigerweise ist bei den Blättern das Entgegengesetzte der Fall: die der Traubeneiche sind langgestielt, während jene der Stieleiche fast stiellos dicht an den Zweigen stehen.

Die Bäume, unter welchen wir rasten, um uns vor dem Sonnenbrande zu schützen, dürften ein Alter von etwa hundert Jahren haben. Gleichwohl zeigen sie die typisch gedrungene Gestalt, die mächtigen, knorrigen Aeste, das wuchtige Wurzelwerk, das vielfach den Erdboden durchbrochen hat, so daß sich stellenweise graubraune Schlangenleiber durch das Gras winden. Die Ausladungen dieser Wurzeln erstrecken sich pfeilartig bis in den Stamm. Die Durchsichtigkeit der Kronen erhöht die malerische Wirkung an diesem gepriesensten, von Sage und Dichtung verherrlichten Baume, dem Könige unter unseren einheimischen Bäumen." — —

A. von Humboldt schreibt: „Unser Wald ist individualisiert; in seiner großen Einförmigkeit äußert er einen beruhigenden, besänftigenden Einfluß auf das bewegte, schwankende Gemüt. Auch stellt er sich nicht der freien körperlichen Bewegung in den Weg. Ganz anders der Tropenwald. Er löst die Einheit in unzählige Einzelheiten auf, nach allen Seiten hin wird die Beobachtung in Anspruch genommen, das Gemüt aus seiner Ruhe, der Gedanke aus der stillen Betrachtung gerissen; die Sinne stehen unter den Einwirkungen unausgesetzter Anreizungen und Erregungen."

Der große deutsche Gelehrte hat hier natürlich den südamerikanischen Tropenwald mit seiner außerordentlich bunt und mannigfaltig ausgestalteten organischen Welt im Auge, den er aus eigener Anschauung und Beobachtung genau kennen gelernt hat. Weniger



Urwald auf Java.

anziehend würde er den innerafrikanischen Urwald gefunden haben, über welchen Franz Thonner in seinem Werke „Im afrikanischen Urwald“ u. a. berichtet: „Hoch über das Unterholz empor erheben sich alte Bäume, meist durch bedeutende Zwischenräume von einander getrennt. Wo der Wald in der Nähe der Dörfer gelichtet wurde, da bilden solche stehen gebliebene Baumriesen mit ihren schlanken Stämmen und verschieden geformten Kronen eine hervorragende Zierde der Landschaft. Im Walde dagegen kommt die schöne Form der Krone nicht zur Geltung. Die Zwischenräume zwischen diesen älteren Bäumen sind durch zahlreiche dünne Stämmchen ausgefüllt, die so schnell als möglich nach oben, nach Licht und Luft streben. Dicke, unregelmäßig hin- und hergebogene, strickähnliche Lianen hängen von den hohen Bäumen herab und gereichen dem Walde, wo sie vorkommen, keineswegs zur Zierde. An vielen Stellen wachsen zwischen dem Unterholze hohe, krautige, teils aufrechte, teils kletternde Scitamineen und bilden daselbst ein undurchdringliches Dickicht.

Dazwischen schlängelt sich nun der Weg, bedeckt von abgefallenen Zweigen und Früchten der verschiedensten Größe, oft durch umgestürzte Baumstämme unterbrochen, an vielen Stellen von Sträuchern und noch mehr von den erwähnten Scitamineen überwachsen, sehr häufig auch mit Wasser angefüllt, welches sich hier als an einer tiefer gelegenen Stelle angesammelt hat. Der Marsch auf einem solchen Waldwege gleicht mehr einer Turnübung als einer Wanderung. Während der Reisende über die den Weg versperrenden Aeste und Baumstämme klettert und bemüht ist, dem Wasser nach Möglichkeit auszuweichen, schlagen ihn die überhängenden Zweige des Unterholzes und der dazwischen wachsenden Stauden ins Gesicht und überschütten ihn mit Ameisen. In der Nähe der Bäche sind die Wege meist so weit unter Wasser, daß man bis über die Kniee darin waten muß.

Die Bäume des Urwaldes haben meist einen hohen und schlanken Stamm, doch erreichen sie im Alter bisweilen auch einen bedeutenden Umfang. Ihre Wurzeln erstrecken sich dann gewöhnlich in schräger Richtung hoch am Stamm hinauf und sind bis zum Erdboden herab mit ihm verwachsen, so daß sie leistenförmig vorspringende Tafeln, Stützplatten, an seinem Grunde bilden. Die meisten Bäume sind immergrün. Die jungen Blätter an den Spitzen der Triebe sind häufig rot gefärbt. Dagegen sieht man nur wenig Blüten von auffallender Farbe; wo solche vorkommen, gehören sie meist Sträuchern und Schlinggewächsen an. Im August und September, zur Zeit der Reife, trugen die meisten Bäume bereits reife Früchte; der Boden war oft von abgefallenen, zum Teil bereits keimenden Früchten bedeckt. Manche von ihnen erreichen den Umfang eines großen Kürbisses und ein Gewicht von 20 Kilogramm; einige sind eßbar. Palmen, namentlich Oelpalmen und Wein- oder Bambuspalmen, kommen fast nur in der Nähe der Flüsse in großer Menge vor. Die meisten älteren Bäume des Waldes tragen am Stamm und in der Krone, namentlich an der Stelle, wo die Krone beginnt, zahlreiche schmarotzende Farne von mannigfacher Art. Auch einige schmarotzende Orchideen kommen an solchen Stellen vor. Moose bilden oft seltsame Zeichnungen auf Baumstämmen, sind aber im Ganzen nicht so häufig, als man bei dem großen Feuchtigkeitsgehalt der Luft erwarten sollte. Dagegen sind kleine Pilze sehr zahlreich vertreten, namentlich sind die meisten umgestürzten und bereits modernden Baumstämme von solchen bedeckt. Krautige Schlinggewächse finden sich fast nur in den Lichtungen, namentlich am Ufer der Flüsse; holzige dagegen kommen auch im Innern des Waldes in großer Menge vor. Die Kautschukliane ist in mehreren Arten vertreten. Ihre Früchte sind kugelförmig, von der Größe einer Orange und gelblich oder rötlich gefärbt; sie bergen unter einer dicken, lederigen Schale eine Anzahl Samen, die von einem saftigen, außen süßen, innen säuerlichen Samenmantel umgeben sind, der nicht nur von den Eingeborenen, sondern auch von manchen Europäern nicht ungern gegessen wird.

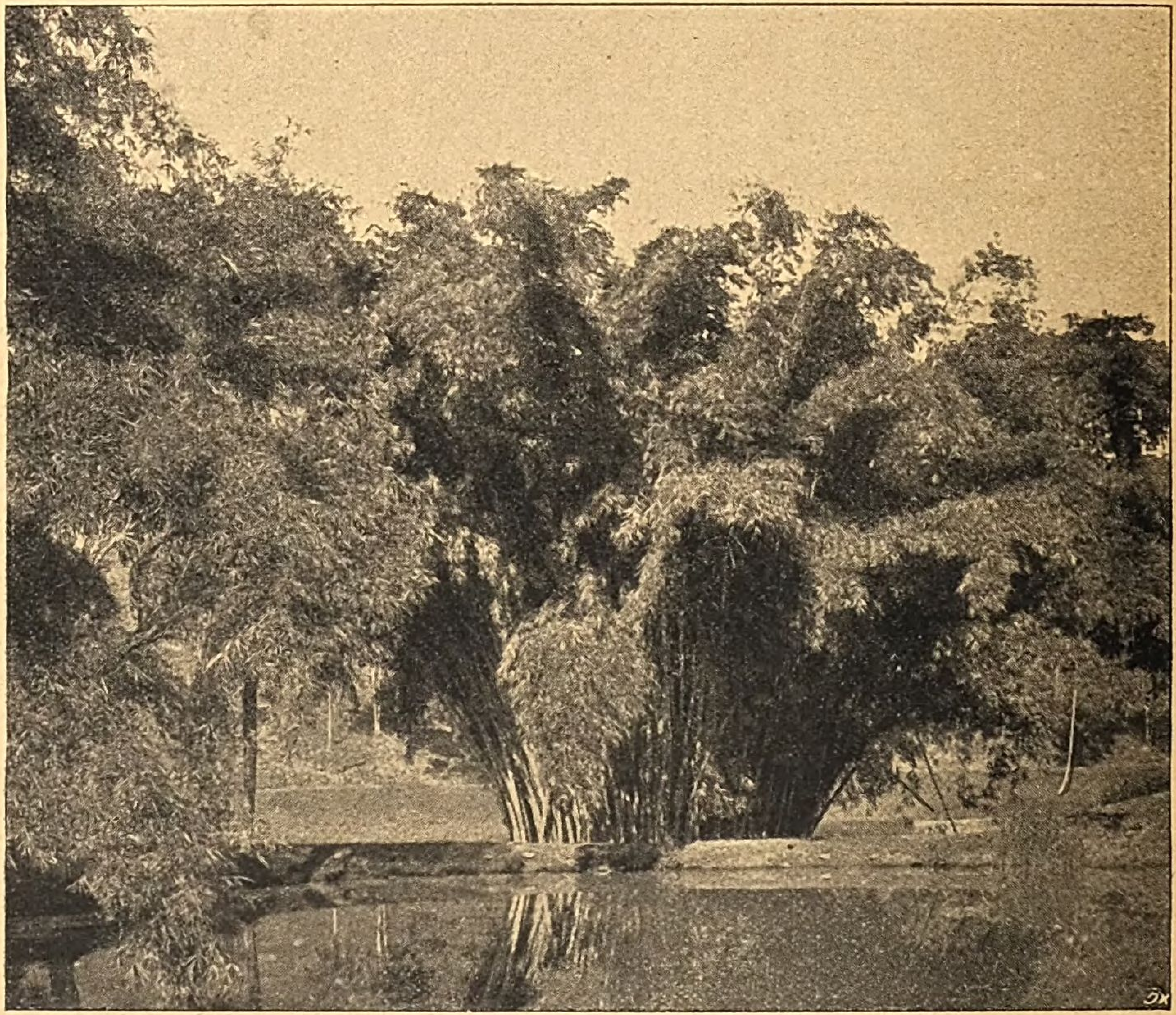
Aus der Tierwelt sind die Insekten reichlich vertreten, namentlich durch Ameisen und Schmetterlinge. Letztere kommen besonders in den Lichtungen in der Nähe der Dörfer in großer Zahl und Mannigfaltigkeit vor. Auch Bienen, die guten Honig geben, sowie Tausendfüße sind zahlreich, Käfer giebt es dagegen weniger. Die höhere Tierwelt scheint



Gummibaum (Ficus elastica).

nicht sehr zahlreich vertreten zu sein. Schlangen trifft man verhältnismäßig selten, kleine Eidechsen dagegen häufig. Auch Vögel giebt es nicht viele, am häufigsten noch den grauen Papagei mit kurzem roten Schwanz, der auch von den Eingeborenen oft gezähmt wird. Kleine Affen, Leoparden, Wildkatzen, Antilopen, Wildschweine und Elephanten sollen häufig sein.

Oft erfüllt ein moderiger Kellergeruch die Luft; selten sieht man ein blühendes Gewächs, auch hört man nur selten die Stimme eines Vogels oder eines anderen Tieres; erst bei Sonnenuntergang macht sich eine Art Grillen durch lautes Zirpen bemerkbar. Die einzige Annehmlichkeit, die der Urwald bietet, ist die Kühle, die dort herrscht; man kann auch zur Mittagszeit in demselben marschieren, ohne durch große Hitze belästigt zu werden."

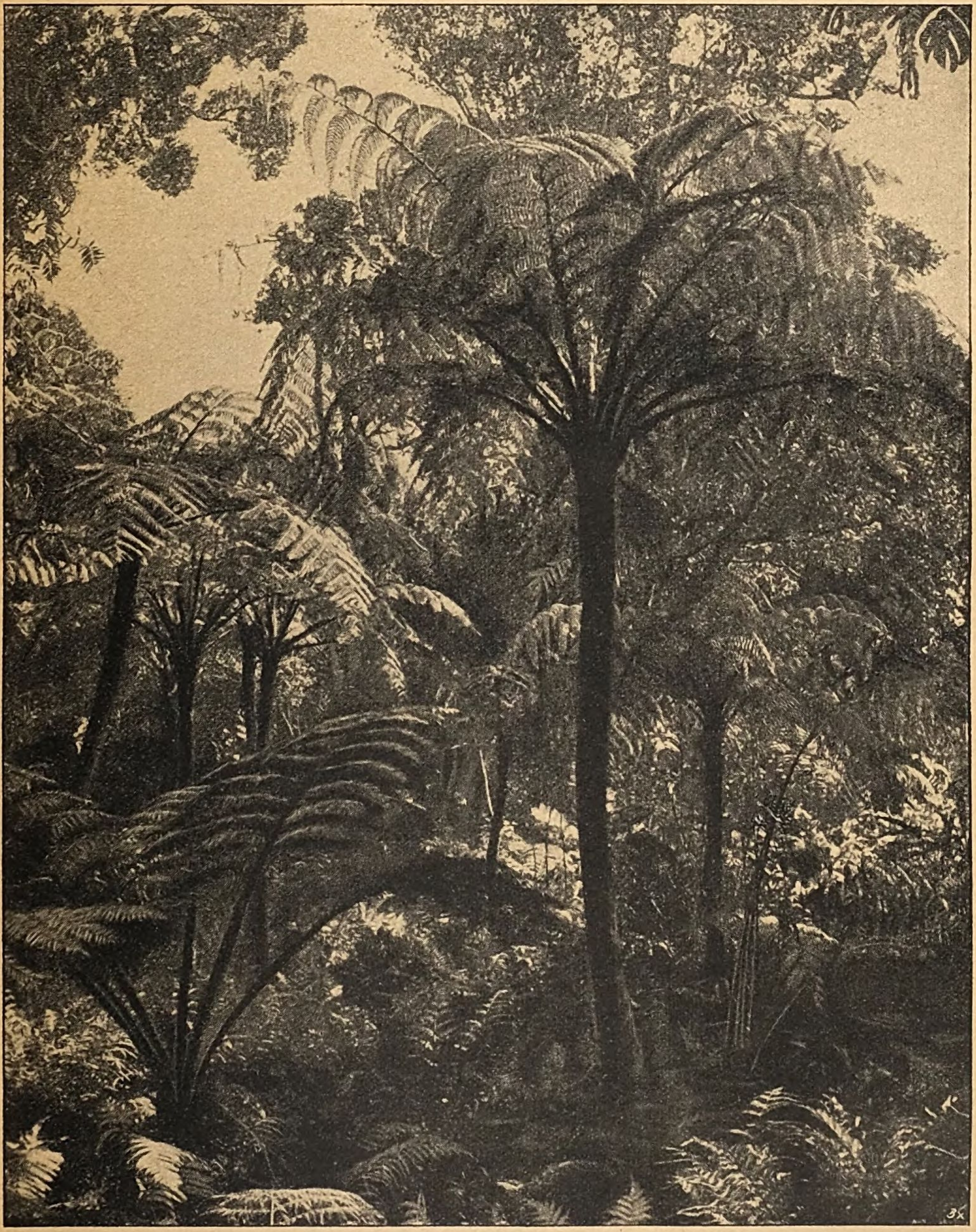


Riesenbambus auf Ceylon.

Zu seiner höchsten Entwickelung kommt der tropische Urwald in dem heißen sumpfigen Klima Hinter-Indiens und auf den Sunda-Inseln. Die Abbildung auf S. 555 zeigt den Javanischen Urwald, der aber je nach der Region, in welcher er gelegen ist, einen sehr verschiedenen Charakter zur Schau trägt. Junghuhn, der sich durch die wissenschaftliche Erforschung Javas große Verdienste erworben hat, teilt diese Insel in vier solcher Regionen. Die heiße Region erstreckt sich vom Gestade bis 650 m ü. M.; soweit der Boden nicht kultiviert und mit ausgedehnten Reis- oder Zuckerrohrfeldern oder Palmpflanzungen bedeckt ist, wechseln hier Dickichte von hohem Alanggrase mit einem von Rotang*) wirr durch-

*) Rotang oder Ratan ist eine der Gattung Calamus angehörige, lianenartig wachsende Palmenart, aus welcher das allbekannte Stuhlrohr oder spanische Rohr gewonnen wird. Die

flochtenen Urwald ab, in welchem neben schattenarmen Akazien der Ficus besonders stark vertreten ist. Diese an Formen so reiche Pflanze findet auf Java besonders in dem



Alsophila crinata.

Stämme oder Stengel dieser Pflanze erreichen eine Länge von über 100 m und steigen hoch zu den Baumwipfeln empor, indem sie sich mit ihren stacheligen Blattscheiden und in Dornen umgewandelten oberen Blätterfiedern festklammern und dem Menschen das Eindringen in den von ihnen überwucherten Wald außerordentlich erschweren.

Gummibaum (s. Abb. auf S. 557) einen sehr stattlichen Vertreter, der besonders durch das außerordentlich reich entwickelte Wurzelwerk ausgezeichnet ist. Die Bäume strotzen dermaßen



Zuckerpalme
auf Ceylon.

von Kautschuksaft, daß schon ein Schnitt mit dem Federmesser genügt, um diesen hervorquellen zu sehen. Zur Gewinnung des Kautschuk werden die Stämme angeschnitten oder



Livistonia
auf Ceylon.

angebohrt, der ausgeflossene Milchsaft mit kochendem Wasser, Alaun- und Kochsalzzusatz weiter verarbeitet.

In der zweiten Region, die von 650 bis 1450 m emporsteigt, setzt sich der Urwald, soweit er nicht behufs Anlage von Kaffee- und Theepflanzungen ausgerodet worden ist,

hauptsächlich aus Baumfarnen und Gräsern zusammen. Von der prachtvollen Entwickelung ersterer giebt die auf S. 559 abgebildete Alsophila crinita Zeugnis.

In der dritten Region (1450 bis 2300 m), der feuchtesten der ganzen Insel, nimmt der Urwald eine beherrschende Stellung ein. Er wird gebildet aus Eichen, Lorbeerbäumen, tropischem Nadelholz und dem in Blütenpracht strotzenden Unterholze von Melastomaceen, und zwischen all diesem breitet sich ein verfilztes Geflecht von schmarotzenden Orchideen und Bartflechten aus. Im Osten der Insel herrscht in dieser Region der lichte Kasuarinenwald vor; Palmen sind jedoch in dieser Region nirgends mehr zu finden.

Die vierte Region endlich, die bei 2450 bis 3300 m ü. M. 6 bis $10^1/_3$ ° R. mittlerer Temperatur hat und als „Kalte Region" bezeichnet wird, bringt keine Fruchtbäume, sondern nur Baumfarne, Krummholz von Heiden und Gräser hervor; an einer alpinen Flora fehlt es hier jedoch ganz. Diese Region wird nur noch von den Gipfeln der Vulkane überragt und von Menschen nicht bleibend bewohnt.

Wir haben hier ein einzelnes Landschaftsbild aus der asiatischen Pflanzenwelt hervorgehoben, die in ihrer Gesamtheit die größten Gegensätze zeigt. Dies findet seine Erklärung sowohl in der Ausbreitung dieses Erdteiles über alle klimatischen Zonen, als auch in seiner Gliederung durch große trennende Gebirgsmassen, die sich in der Richtung der Parallelkreise zu bedeutender Höhe über dem Meeresspiegel erheben. Auf diese Weise werden Länder in Bezug auf ihre Tier- und Pflanzenwelt in scharf von einander unterschiedene Zonen geteilt, die eigentlich einer und derselben klimatischen Zone angehören; andererseits aber sind Landstriche, die sich über mehrere klimatische Zonen erstrecken, in ihrer physischen Bodenbeschaffenheit so wenig unterschieden, daß die Einwirkung des Klimas nur zu beschränkter Bedeutung gelangen kann. Das tropische Asien bringt da, wo ihm die vom Indischen Ocean beherrschten klimatischen Verhältnisse reichliche Niederschlagsmengen bieten, die organische Welt sowohl der Masse als auch der Form und Farbe nach zur höchsten Entwickelung, am üppigsten und mannigfaltigsten wohl auf der Insel Ceylon, deren Pflanzenwuchs die tropische Pracht in ihrer höchsten Vollendung darstellt. Ganze Wälder von Gewürzpflanzen breiten sich neben Kaffeepflanzungen über große Strecken des Inneren aus, Tamarinden und Palmen, stellenweise auch majestätische Bananen erheben sich in die Lüfte und schmücken die üppig grünenden, großartig schönen Landschaftsbilder, deren Hintergrund die gewaltigen Felsabhänge der Berge bilden. Kokosnuß und Zimmet sind neben Kaffee, Ebenholz und anderen Nutzgewächsen die wichtigsten Produkte der Pflanzenwelt. Das Bambusrohr, das den Eingeborenen als Material zum Bau ihrer Wohnungen und zur Herstellung der verschiedensten Geräte hier wie in allen ostindischen Ländern und ebenso den Chinesen und Japanern unentbehrlich ist, gedeiht auf Ceylon in großartigstem Maßstabe. Unsere Abbildung auf S. 558 zeigt eine Gruppe von solchem Riesenbambus, dessen Halme bis zu 40 m Höhe und 30 cm Durchmesser erreichen. Diese baumartigen Gräser entsprießen aus mächtigen unterirdischen Grundachsen und entwickeln sich oft innerhalb weniger Wochen zu ihrer vollen Höhe. Von den herrlichen Palmen Ceylons sind besonders zu nennen die stolz gewipfelte Zuckerpalme (s. Abb. auf S. 560), die auch in den europäischen Gewächshäusern wohlbekannte und selbst als Zimmerpflanze dankbare Livistonia (S. 561) und die Talipotpalme (S. 563), die auf einem marmorweißen Stamme von über 30 m Höhe fächerartige Blätter trägt, deren jedes bei 4 bis 5 m Durchmesser einen Flächeninhalt von 15 bis 20 qm hat. Zwischen dem 50. und 80. Lebensjahre kommt der Baum zu einmaliger Blüte und bringt einen aus Hunderttausenden von kleinen, gelblichweißen Einzelblumen bestehenden, pyramidenförmigen Blütenschopf hervor, der eine Länge von 12 m erreicht. Diese Ueppigkeit des Pflanzenwuchses auf Ceylon mag sich wohl mit derjenigen der Steinkohlenperiode und der älteren Tertiärzeit messen, ja sie übertrifft die letztere bei weitem durch die große Mannigfaltigkeit der Formen, während die blütenlose Steinkohlenflora solcher Tropenpracht überhaupt nicht gegenübergestellt werden kann.

Schreiten wir von Ceylon weiter nach Osten vor, so begegnen wir demselben üppigen Pflanzenwuchse in Hinter-Indien und im indo-malayischen Archipel, doch tritt in gleichem

Maße mit der Zersplitterung des festen Landes in zahllose Inseln eine Verarmung der Vegetation in Form und Zahl ein, wenn auch der indische Charakter derselben im



Talipot-Palme
auf Ceylon.

Allgemeinen erhalten bleibt und nur im äußersten Osten — auf den Sandwichs-Inseln — Spuren von amerikanischer Flora auftreten. Das australische Festland dagegen hat eine völlig

selbständige Flora von großer Einförmigkeit, die sich schon von der des nächstgelegenen Neu-Guinea wesentlich unterscheidet und nur wenig nach Westen hin übergreift, auf Neu-Seeland dagegen vorherrschend ist. Die Rückständigkeit der Entwickelung der organischen Welt Australiens tritt in mancherlei Erscheinungen auch in der Pflanzenwelt dieses Erdteiles zu Tage. Das fruchtbare Land darf hier — wie C. Schenckling in einem interessanten Artikel der „Neuen Welt" schreibt — nicht am Mittellauf und an der Mündung der Flüsse gesucht werden; es liegt an der Quelle derselben. Die Vegetation, die bei uns von der Thalsohle nach der Höhe zu abnimmt, ist dort gerade auf den Bergspitzen am üppigsten. Die schattigen Wälder, die wir zur heißen Sommerzeit so gern aufsuchen, sind dort lichtreiche Plätze; nicht nur, daß ihre Bäume weit genug von einander entfernt stehen, um eine Berührung der Kronen unmöglich zu machen, auch das Unterholz fehlt, wodurch der australische Wald ein mehr parkähnliches Aussehen erhält. Zudem sind auch die Bäume (Eukalypten, Kasuarinen und Akazien, welche die Hälfte aller Pflanzenindividuen ausmachen) an und für sich nicht geeignet, kühlenden Schatten zu spenden, denn ihre Blätter nähern sich in ihrer Form den Nadeln unserer Koniferen, und sind nicht mit ihrer Breitseite, sondern mehr mit ihrem Rande der Sonne zugewendet. Während bei uns die Flora einer Gegend das Gesamtprodukt der mannigfaltigsten Pflanzenarten ist, zeigt in Australien die Landschaft vielfach auf weite Strecken hin nur eine einzige Tier- und Pflanzenart. Die Wiesen bilden keine zusammenhängenden Grasteppiche, sondern einzelne Grasoasen. Die Bäume werfen nicht ihr Laub, sondern ihre Rinde ab, wie wir aus Henderson's Beobachtungen wissen. Die neuholländische Birne, ein Strauch aus der Familie der Proteaceen, zeitigt Früchte, die mit ihrem verdickten Ende am Stiele aufsitzen, anstatt mit dem verjüngten, wie es bei uns der Fall ist. Bei der australischen Kirsche umschließt das Fruchtfleisch nicht den Stein, sondern dieser sitzt außerhalb der Frucht (wenigstens scheinbar — in Wirklichkeit ist es nur der beerenartig verdickte Fruchtstiel). Weit schärfer noch tritt aber die Rückständigkeit in der Entwickelung der australischen Tierwelt hervor. Wir finden hier ein Stück Natur, das aus dem Zusammenhange mit der organischen Welt der Gegenwart gerissen zu sein scheint und Zustände aufweist, die ungezählte Jahrtausende hinter dem jetzigen Entwickelungszustande zurückliegen. Im Zusammenhange mit dieser Erscheinung steht die Thatsache, daß Australien mehrere Zwischen- oder Uebergangsformen aufzuweisen hat, die für die Entwickelungslehre von größter Wichtigkeit geworden sind. Im nächsten Abschnitte werden wir hierauf noch zurückkommen.



Erstes Kapitel.

Allgemeines.

Wir haben bereits im einleitenden Kapitel des vorigen Abschnittes erwähnt, daß es sehr schwierig ist, die unterscheidenden Merkmale zwischen Tier- und Pflanzenreich genau festzustellen. So erscheint es bei oberflächlicher Betrachtung fast selbstverständlich, daß man Empfindung und Bewegung als Attribute ansieht, die der Tierwelt ausschließlich zukommen, und doch ist es erwiesen, daß auch den Pflanzen sowohl Empfindung als auch Bewegung verliehen ist, wogegen es eine Anzahl von Tieren giebt, die festsitzend im Wasser leben und denen durch dieses Nahrung in genügender Menge zugeführt wird, während andere ihr Dasein als Schmarotzer im Körper irgend eines anderen Tieres fristen, in dem sie sich einfach durch Auffaugung der Nahrungssäfte ihres Wirtes ernähren. Nach Empfindung und Bewegung unterscheiden sich somit die Tiere von den Pflanzen nur in soweit, als beide Eigenschaften den ersteren regelmäßig und in vollkommenerem Maße, den letzteren dagegen nur ausnahmsweise und unvollkommen ausgebildet zukommen. Bestimmter treten schon diejenigen Unterschiede hervor, die hinsichtlich der Form und organischen Anlage zwischen Pflanzen und Tieren bestehen. Namentlich bei den höheren Vertretern beider Reiche finden sich vier, wie L. Heck in seinem Werke „Das Tierreich“ betont, vollständige Gegensätze. „Das höhere Tier hat eine einfache äußere Form, ist meist mehr oder weniger cylindrisch gestaltet mit paarigen Anhängen; dafür hat es aber eine desto kompliziertere innere Organisation, indem alle vegetativen Organe, die die Aufnahme und Verarbeitung der Nahrung besorgen: Darm, Lungen, Nieren, Herz und Blutgefäßsystem, ins Innere verlegt sind. Das hängt mit der Beweglichkeit des Tieres zusammen, die es, wie wir bereits gesehen haben, nötig hat zum Erwerb seiner rein organischen Nahrung, und die einfache Form des Tieres beruht somit auf demselben mechanischen Princip, demgemäß wir jetzt alle unsere Geschosse als Spitzkugeln gießen, um nämlich dem Bewegungsmedium der Luft oder dem Wasser eine möglichst geringe Widerstandsfläche zu bieten und so mittels der verhältnismäßig geringsten Kraft die verhältnismäßig größte Bewegungsenergie zu erzielen.

Umgekehrt ist die höhere Pflanze, die keine Ortsbewegung hat, festsitzt, innerlich höchst einfach organisiert; sie enthält kaum mehr als Röhrensysteme zur Leitung der Ernährungsflüssigkeit und Aufspeicherungen von Reservenährstoffen; dagegen entwickelt sie äußerlich einen Reichtum von Anhängen, die in ihrer mehr oder weniger gesetzmäßigen Verteilung und Wiederholung der Pflanze ihre Schönheit und ihre Bedeutung für die Landschaft verleihen.

Das bewegliche Tier drängt seine Organe in seinem Innern zusammen; die unbewegliche Pflanze hängt sie nach außen aus (die Wurzeln entsprechen mehr oder weniger dem Darm, die Blätter den Lungen) und findet so trotz ihrer Unbeweglichkeit ihre überall in Luft und Wasser verbreitete organische Nahrung in genügender Menge."

Auch der Unterschied in der Ernährungsweise, der zwischen Pflanze und Tier herrscht, ist ein sehr bedeutender, sofern es sich um höher organisierte Arten der beiden Reiche handelt. Wir haben bereits gesehen, daß die Pflanze aus anorganischen Verbindungen, aus dem Wasser und den in diesem und in der Luft enthaltenen Gasen diejenigen organischen Nährstoffe durch „Assimilation" zusammenzusetzen vermag, die zur Bildung und Erhaltung ihres Körpers nötig sind, wogegen das Tier sich nicht von anorganischen Substanzen zu ernähren vermag, sondern der Pflanze unmittelbar oder mittelbar bedarf, um sich seine Nährstoffe zubereiten zu lassen, sei es, indem es diese selbst verzehrt oder sich von Tieren ernährt, die wieder mittelbar oder unmittelbar von Pflanzen leben. Daß es auch unter den Pflanzen „fleischfressende" Arten giebt, mag hier nur beiläufig erwähnt werden. Es spricht dieser Umstand für ein ganz bedeutendes Anpassungsvermögen der betreffenden Arten, hat aber sonst nichts Erstaunliches an sich, weil die Pflanzen in Form des Düngers auch sonst organische Stoffe aufzunehmen und zu ihrer Ernährung in besonders vorteilhafter Weise zu verwerten vermögen. Die „vegetierende" Pflanze verbraucht nur wenig Nahrung gleich oder bald nach deren Aufnahme und speichert den größeren Teil der assimilierten organischen Substanz in ihrem Körper auf, der dadurch zu mehr oder minder unbegrenztem Wachstum befähigt ist. Das Tier verbraucht dagegen die aufgenommene Nahrung, teils als Ersatz für die durch Arbeitsleistung aufgebrauchten Stoffe, teils zum Unterhalt des Gesamtorganismus, dem nur ein ganz bestimmt begrenztes Wachstum verliehen ist. Im Gegensatz zur Pflanze scheidet das Tier keinen Sauerstoff aus, während die Pflanze diesen fortwährend beim Aufbau organischer Verbindungen aus Kohlensäure und Wasser an die Luft abgiebt; nur die chlorophyllosen Pflanzen nehmen fortdauernd Sauerstoff auf, und alle übrigen thun dies während der Nacht, wo die Assimilation, die sich nur unter der Einwirkung des Lichtes vollzieht, also auch die Bereitung von Sauerstoff, ruht. Daß die Fortpflanzung in allen ihren Formen dem Pflanzen- wie dem Tierreiche gemein ist, haben wir bereits erfahren; auch der Generationswechsel, d. h. die regelmäßige Abwechselung von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzungsart kommt im Tierreich ebensowohl wie im Pflanzenreiche vor und ist sogar im ersteren früher entdeckt worden als im letzteren. Selbst durch die Begründung eines eigenen Protistenreiches ist nur für die entwickelungsgeschichtliche, nicht aber für die naturhistorische Systematik eine zweckmäßigere Gliederung geschaffen worden; es ist indes immerhin ein wesentlicher wissenschaftlicher Fortschritt, daß durch diese Dreiteilung der Naturreiche ein gemeinsamer Ausgangspunkt für die beiden höheren Reiche festgestellt worden ist. Das Vorurteil, demgemäß für das Tierreich eine höhere Stufe in der organischen Welt beansprucht wird, als für das Pflanzenreich, wird durch diese Dreiteilung auf das richtige Maß zurückgeführt: wir haben im Tier- wie im Pflanzenreich zwei stammverwandte Entwickelungsreihen vor uns, von denen die eine nur eine andere Richtung eingeschlagen hat als die andere. Als selbstverständlich kann angesehen werden, daß dem Tierreiche in seinen höheren Entwickelungsformen, denen freie Bewegung und Selbstbestimmung verliehen ist, in Bezug auf die Anpassung ein weiterer Spielraum gegeben ist als dem Pflanzenreiche, und daß besonders da, wo die ausschließlich durch Anpassung erworbene Denkfähigkeit zu höheren und höchsten Entwickelungsstufen ausgebildet ist, jenes Niveau bereits weit überschritten ist, wo von einer Vergleichung von Pflanzen- und Tierwelt oder auch nur von einer solchen zwischen dem Menschen und der

übrigen Tierwelt überhaupt noch die Rede sein kann. Mögen auch in der Pflanzenwelt staunenswerte Anpassungsvorgänge stattfinden — wir haben ein solches dem Leser in den Flechten vorgeführt —, so erhalten doch die gleichen Vorgänge in der Tierwelt dadurch einen lebendigeren Ausdruck, daß sie vielfach im unmittelbaren Zusammenhange mit dem Bedürfnisse stehen, die Nahrung selbst aufzusuchen und zu diesem Behufe der Fähigkeit der Ortsveränderung in umfassender Weise sich zu bedienen. Hierher gehören besonders die Schutzfärbungen, die sich nur durch die Anpassung erklären lassen, und andere dem gleichen Zwecke dienende Formanpassungen, die unter dem Namen „Mimicry“ zusammengefaßt werden. Heck schreibt darüber: „Die Wüstentiere stimmen durch sandgelbe Farbe mit dem allgemeinen Kolorit ihres Aufenthaltsortes genau überein, ebenso viele nordische Tiere durch ihr moorfarbenes Sommer- und ihr schneefarbenes Winterkleid. Der scheinbar so auffallende Tiger ist mit seiner Querstreifung nach den übereinstimmenden Berichten der Reisenden kaum zu erkennen in den Schilfdickichten seines heimischen Dschungels, wo der Boden mit rotbraunen verdorrten Stengeln und Blättern kreuz und quer bedeckt ist, und nicht minder entgehen die gefleckten Pardelkatzen selbst dem schärferen Auge im Dickicht des Urwaldes, wo ihr „Rosenfell“ das Spiel der Sonnenstrahlen unter dem Laubdach in vollendeter Weise vortäuscht. Alle diese Färbungseigentümlichkeiten weisen auf die Erklärung als Schutzfarben durch die Anpassung hin; sie nötigen aber nicht unbedingt dazu, zumal sie das Wesentlichere am Tier, die Form, ganz unberührt lassen. Anders ist das in den folgenden Fällen. Wie sollen wir es verstehen, wenn der Fetzenfisch seinen ganzen Körper mit wunderlichen Anhängen behaftet, die ihn im wogenden Gewirre der Seetange vollständig unkenntlich machen, wenn Heuschrecken, Käfer und andere Insekten die unglaublichsten Verzerrungen und Verbildungen des Körpers aufweisen, so daß sie dürren Zweigen, Flechten, grünen und welken Blättern in allen Stadien des Verdorrens, der Zerstörung durch Schimmel- und Rostpilze und der Zerlöcherung von Raupenfraß zum Verwechseln ähneln und in ihrer Ruhestellung auf ihren Nährpflanzen absolut nicht zu entdecken sind. Was hat es zu bedeuten, wenn gewisse harmlose Schmetterlinge im allgemeinen Aeußeren ganz von ihren nächsten Verwandten abweichen und vollständig in Form und Farbe, in der Maske anderer, durch einen widerlichen Geruch und Geschmack oder sonstwie vor den Feinden geschützter Schmetterlinge oder gar nicht im geringsten verwandter, aber besonders wehrhafter Insekten, wie Wespen, auftreten, die mit ihnen dieselben Orte bewohnen? Hier ist gar keine andere Erklärung möglich als die: diese Nachahmung der von den Feinden gemiedenen Art ist für die Nachahmer vorteilhaft; deshalb hat sie sich ausgebildet, deshalb mußte sie sich ausbilden, und sie ist bis zu diesem erstaunlichen Grade der Vollkommenheit gelangt durch die fortschreitende Anpassung, welche der Kampf ums Dasein und die natürliche Zuchtwahl mit sich bringt.



Bäumchenschnecke,
als Beispiel von Mimicry.

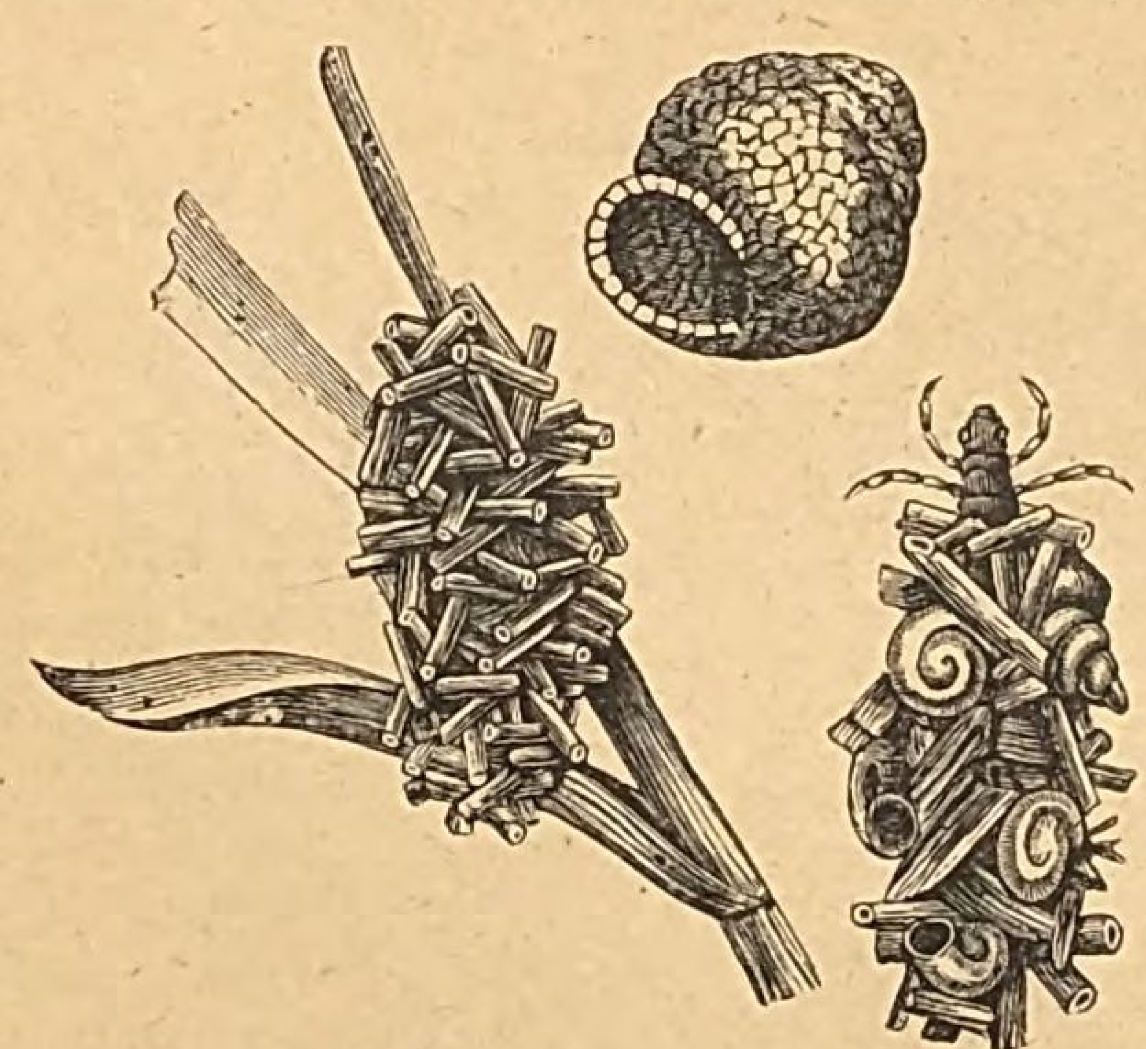
Der exotische Schmetterling der Abbildung auf S. 568, den wir aus einiger Entfernung dem Zweige zufliegen sehen, auf welchem er sich niederlassen will und auf dem sich einer seiner Artgenossen bereits niedergelassen hat, liefert ein prächtiges Beispiel von Mimicry;

die Unterseite seiner Flügel ist in einer Weise gefärbt und gezeichnet, daß sie kaum von einem der Blätter des Zweiges zu unterscheiden ist. Auch die Bäumchenschnecke auf S. 567 mit ihren laub- und blumenartigen Auswüchsen findet in dieser Ausstattung, die sie dem Gezweige, auf welchem sie ihre Nahrung sucht, so auffallend ähnlich macht, gewiß einen wirksamen Schutz gegen solche Feinde, für die eine Schnecke ein Leckerbissen ist, wogegen sie Pflanzenkost grundsätzlich verschmähen. Es giebt aber auch noch andere Mittel, deren sich von der Natur bezw. ihrer eigenen Anpassungsfähigkeit weniger begünstigte Tiere bedienen, um sich vor Angriffen zu schützen. So bildet sich beispielsweise die Larven der Köcherfliege aus Erdkrümchen, Sandkörnern, Halm-, Stroh- oder Holzstückchen und anderem Materiale Wohnungsröhren verschiedener Art, wie sie unsere Abbildung auf S. 569 zeigt, und wir sehen darunter eine, die ganz täuschend einem Schneckenhause nachgeahmt ist. Manche Raupen und Käfer bilden sich künstliche Hüllen aus Blättern; die Larve des Ameisenlöwen macht sich um ihren kugeligen Cocon (Einhüllungsgespinst) eine Kruste von Sand, durch die derselbe das Aussehen eines gänzlich unscheinbaren Klumpens erhält, läßt aber eine Oeffnung darin, aus welcher sie ihre scharfen Zangen hervorstößt, sobald sich ein Insekt in ihrer unmittelbaren Nähe zeigt. Auch die unterirdischen Gänge und Kammern, die manche Tiere teils zu ihrem eigenen Aufenthalte, teils für ihre Brut bauen, wie wir eine solche Anlage in dem auf S. 570 abgebildeten Erdzellensystem der Trauerbiene erblicken, die kunstvoll gebauten Nester der Hornissen, die Wohnungsröhren der gemeinen Minierspinnen, die mit förmlichen, an einem charnierartig funktionierenden Filzbande befestigten Fallthüren verschlossen sind und viele andere ebenso scharfsinnig wie kunstreich hergestellte Wohnungen von Tieren sind zu den Schutzmitteln zu zählen, deren Herstellung das eigenste Werk derjenigen ist, die sie benützen. Aber auch die Kunstfertigkeit selbst, mit der diese Schutzmittel angefertigt sind, ist ein Ergebnis der Anpassung des Tierintellektes an die gegebenen Lebensbedingungen. Den direkten Gegensatz zu diesen Anpassungsvorgängen bilden jene Ueberbleibsel von Organen, die sich — oft von uralten Vorfahren her — auf die Nachkommenschaft fortvererbt haben, infolge der Anpassung an neue Lebensverhältnisse aber längst außer Gebrauch gesetzt worden und infolgedessen verkümmert sind. Man nennt diese Ueberbleibsel Rudimente. Wir finden, wie Heck schreibt, an unserem eigenen Körper eine ganze An-

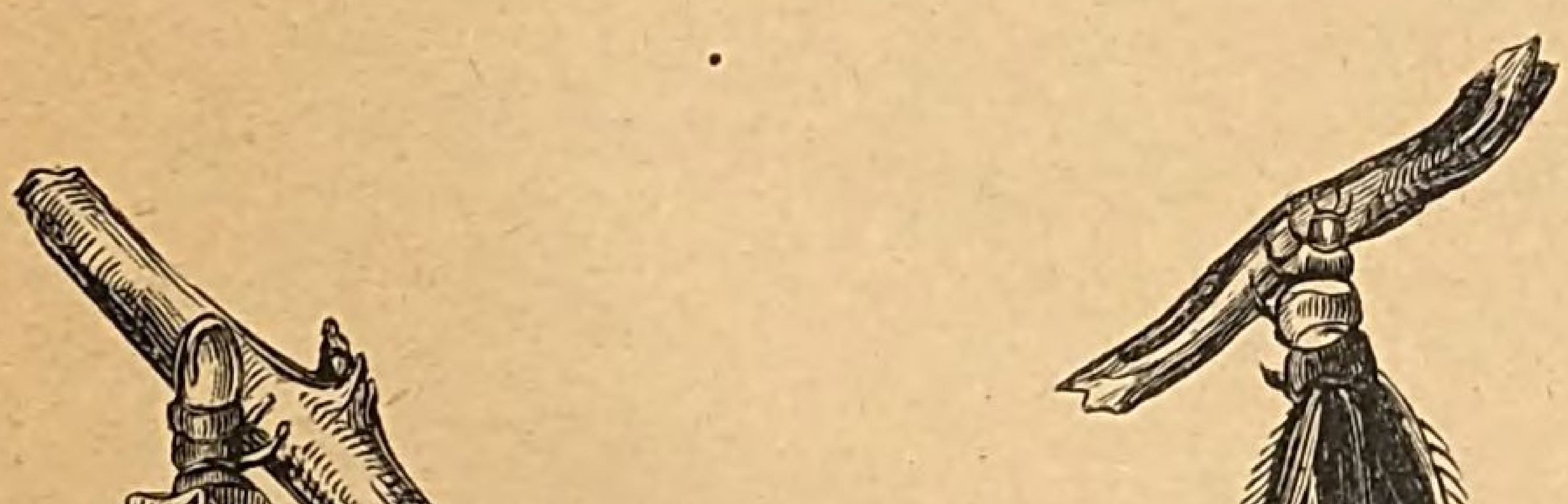


Ein Beispiel von Mimicry.

zahl solcher. Die Schilddrüse an unserem Halse, der wurmförmige Fortsatz an unserem Blinddarm haben für uns nicht den geringsten erkennbaren Nutzen, wohl aber können sie uns mitunter sehr schaden, indem die Schilddrüse den fatalen Kropf, der Wurmfortsatz die gefährliche Blinddarmentzündung hervorruft. Wir können uns das Vorhandensein dieser rudimentären Organe daher nur so erklären, daß wir sie eben als Erbstücke von tierischen Vorfahren mit uns herumschleppen, bei denen sie eine Bedeutung hatten. Von dieser können wir uns manchmal gar keine Vorstellung machen, manchmal liegt sie offen vor Augen, wie bei den Ohrmuskeln, die beim Menschen ebenfalls rudimentär sind, während wir sie bei den übrigen Säugetieren hoch entwickelt und in lebhaftester Thätigkeit sehen. Es kommt nun auch vor, daß derartige rudimentäre Organe in einem Einzelfalle auch einmal wieder mehr oder weniger in der früheren Ausbildung hervortreten. Das betreffende Individuum wurde dann früher einfach als Mißgeburt abgethan, zu deren Erklärung, da der Begriff fehlte, sich das schöne Wort von den Launen der Natur einstellte. Jetzt deutet man derartige Vorkommnisse sehr befriedigend als Rückschläge auf ältere Stammformen (Atavismus) und wendet ihnen das größte Interesse zu, da sie mitunter helle Schlaglichter auf die Abstammung der betreffenden Tiergruppe werfen. So die abnormen Fälle von mehrzehigen Pferden, die sehr schön übereinstimmen mit den mehrzehigen Vorfahren unserer jetzigen Einhufer. Solcher sind in der alten Welt zwei nachgewiesen (Hipparion und Anchitherium), während in Amerika von dem großen Paläontologen Marsh eine lückenlose Entwickelungsreihe von einem vorn vier-, hinten dreizehigen Urahnen aufgestellt werden konnte, der in der Eocänezeit gelebt hat.



Larven der Köcherfliege.



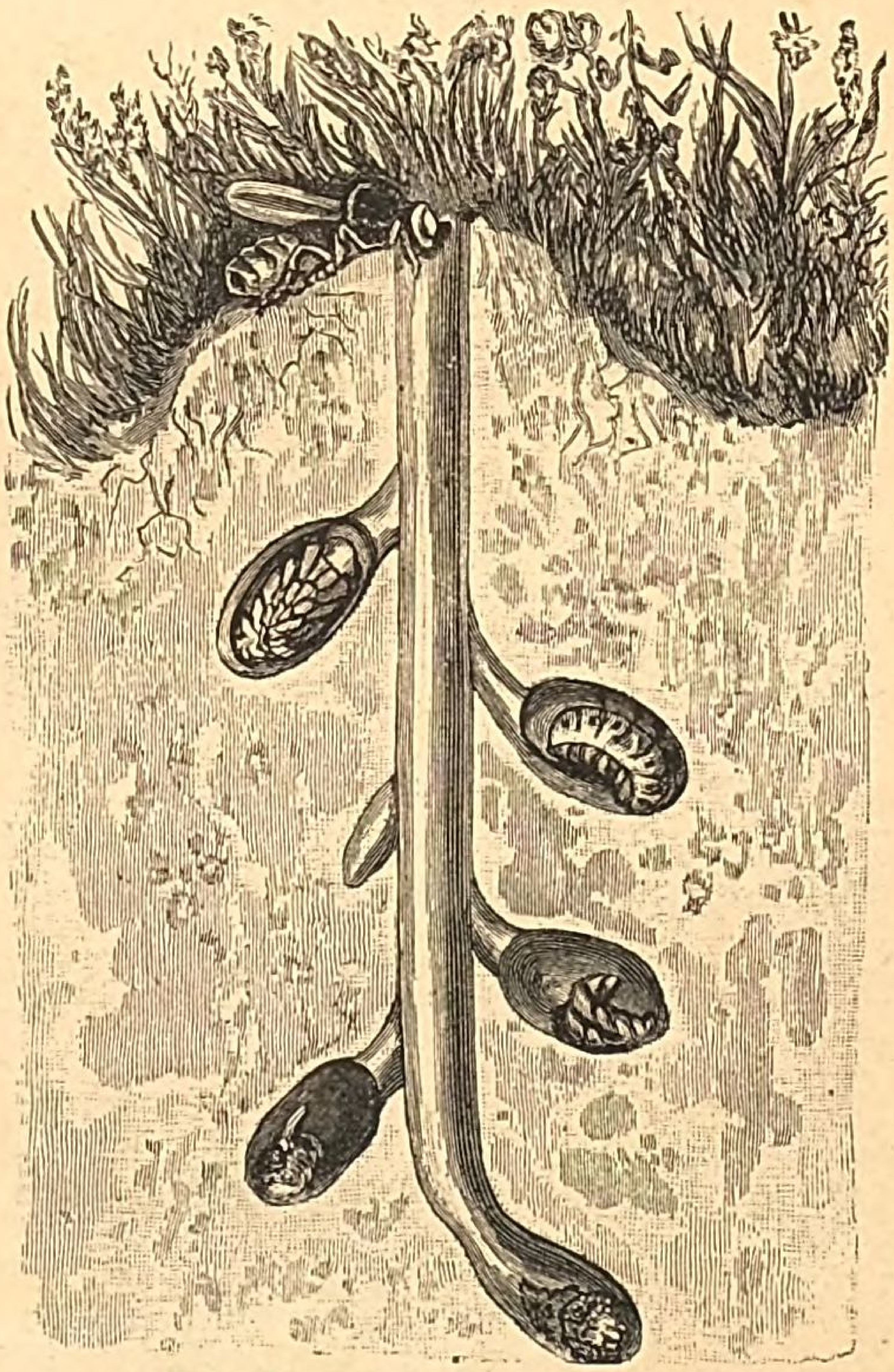
Künstliche Hüllen von Raupen.

Von dem Aufbau des Tierkörpers aus dem gemeinsamen Elementarorgan der gesamten Lebewelt ist bereits in einem früheren Abschnitte die Rede gewesen. Wir wollen hier nur noch eine Darstellung der Bedeutung der Hauptorgane der höheren Tierwelt und der Arbeitsteilung unter denselben folgen lassen, wobei wir dem bereits angeführten Werke Hecks folgen.

Das Tier nimmt feste, flüssige und gasförmige Stoffe auf und scheidet ebensolche wieder aus. Hierzu bedarf das höhere Tier zunächst der Organe des Darmes, der Nieren und Lungen oder Kiemen.

Der Darm hat die Aufgabe, die feste und flüssige Nahrung aufzunehmen, das feste, soweit möglich zu verflüssigen, das flüssige aufzusaugen und das nicht zu Verflüssigende wieder auszustoßen. Deshalb ist der Darm ein langes und weites, unverästeltes Rohr, das an beiden Enden offen ist. Da aber seine Gesamtthätigkeit aus verschiedenen Einzel-

leistungen besteht, so unterliegt er als Ganzes und in seiner Gesamtlänge wiederum einer Arbeitsteilung, die mehr oder weniger schon durch die Lageverhältnisse gegeben ist. Der vorderste Abschnitt mit seinen Hilfsorganen (Mund, Zähne, Zunge) nimmt die Nahrung in Besitz, bereitet sie, wenn nötig, durch Zerkleinerung vor und fördert sie an den Ort der eigentlichen Nahrungsaufnahme, die durch Absonderung gewisser verflüssigender Säfte und Aufsaugung geschieht. Diese Leistungen können sich noch weiter specialisieren und lokalisieren, indem gewisse Drüsen, ursprünglich Ausstülpungen des Darms, die Absonderung gewisser, für ganz bestimmte Nahrungsstoffe berechneter Verdauungssäfte (Galle für das Fett) übernehmen, während die dazwischen liegenden Strecken des eigentlichen Darmes die Aufsaugung des Verflüssigten besorgen. Sie können sich erweitern zu einem oder mehreren Mägen, die eine Ansammlung von Nahrungsstoffen, rasche Aufnahme und langsame Verdauung gestatten. Der hinterste Abschnitt sammelt die nicht zu verflüssigenden für den Organismus unbrauchbaren Massen und treibt sie aus dem Körper aus, weshalb hier die Muskulatur, die der ganze Darm besitzt und zur Fortbewegung des Speisebreies besitzen muß, besonders kräftig entwickelt ist.



Erdzellensystem der Trauerbiene.

Die Lungen und Kiemen sind diejenigen Organe oder Arbeitsflächen des Körpers, die die Atmung, d. h. die Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft oder dem Wasser und die Abscheidung von Kohlensäure besorgen. Die Lungen sind Säcke, deren Fläche durch eingeschaltete Zwischenmembrane bis zur Schwammigkeit vergrößert und in ihrer Leistungsfähigkeit verstärkt werden kann. Da die Bedingungen für Aufnahme und Abscheidung von Gasen genau dieselben sind, so findet eine weitere Arbeitsteilung in dieser Richtung nicht statt, und ebenso sind Hilfsorgane zur Abscheidung des Atmungsmaterials nicht nötig, da die Luft mit ihren Bestandteilen durch den allgemeinen Luftdruck ohne weiteres zuströmt; das Ausatmen wird einfach durch Zusammenziehen der Körperwände bewerkstelligt. Die Kiemen vermitteln die Wasseratmung und genügen, entsprechend dem geringen Gehalt des Wassers an Sauerstoff, nur für eine geringere Lebensenergie, für kaltblütige Tiere. Sie sind ursprünglich Ausstülpungen, Anhänge des Körpers, die aus Gründen der Beweglichkeit und einfachen äußeren Form hinterher allerdings oft wieder in Vertiefungen der Körperoberfläche eingesenkt werden. Für den notwendigen Wasserwechsel sorgt entweder die Flimmerbehaarung der Kiemen oder deren Beweglichkeit durch Muskeln, oder endlich die umhüllende Tasche ist muskulös und verengert und erweitert sich abwechselnd.

Die Nieren entfernen die flüssigen, stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte aus dem tierischen Körper und sind daher ebenfalls flächenhaft gebildet; sie bestehen aus einer Unzahl feinster Röhrchen, die nur schwer als solche zu erkennen sind. Das Ausscheidungsprodukt, der Harn, geht entweder in mehr oder weniger fester oder breiiger Form mit dem Kot weg, oder er wird flüssig in blasenförmigen Anhängen der Ausführungsgänge gesammelt und von da zeitweise durch Zusammenziehung eines umgebenden Muskelnetzes entleert.

Außer den genannten Organen, die den hauptsächlichsten Bedürfnissen des Organismus genügen, besitzt dieser noch eine Anzahl flächenhaft-röhrig gebildeter Absonderungsorgane, so vor allem die Geschlechtsorgane, denen die Entwickelung und Beförderung ganz bestimmter losgelöster Teile des Körpers, Ei und Samen, zukommt; ferner die Drüsen, die als Milch-, Gift-, Spinn-, Talg-, Schweiß-, Farbstoff-, Speicheldrüsen, wie die Namen schon besagen, den verschiedensten Zwecken dienen.

Aber nicht bloß die flächenhaft gebildeten, vegetativen Organe unterliegen dem Princip der Arbeitsteilung, sondern auch zusammenhängende specielle Anpassung und die dadurch ermöglichte Energie, Schnelligkeit und Präcision ist der Leistung von größtem Vorteil. So entstehen die Muskeln und Nerven, die animalischen Organe, die die Bewegung und Empfindung bewirken. Außerdem tritt bei allen größeren Tieren ein drittes Organsystem auf, das dem Körper eine Stütze zu bieten und die verschiedenen Körperteile durch Verbindung in einem bestimmten Lagerverhältnis zu erhalten hat: Skelett und Bindegewebe.

Die **Muskeln** bestehen aus Fasern, die die Fähigkeit haben, durch Umlagerung ihrer Massenteilchen sich zu verkürzen, während sie sich gleichzeitig verdicken. Wenn nun die Enden des Muskels mit verschiedenen Stellen des Körpers fest verbunden sind, so werden durch die Zusammenziehung des Muskels auch die betreffenden Körperstellen in ihrer Lage verändert. Dies geschieht aber selten gleichmäßig, da selten beide Enden eines Muskels gleichmäßig belastet sind, sehr oft sogar das eine mit einem ganz festen Punkt verbunden ist. Die hervorragend beweglichen Körperstellen werden in der Regel von zwei Muskeln gefaßt, die sich in ihrer Wirkung aufheben, z. B. **Beuger** und **Strecker**, und daher **Antagonisten** heißen. Der eine davon kann übrigens durch eine elastische Einrichtung ersetzt werden, vermöge deren der bewegte Körperteil wieder in die Ruhelage zurückkehrt.

In Bewegung gesetzt werden die Muskeln durch die **Nerven**, die in ihrer einfachsten Form als einzelne Fäden von der Haut an die Muskelfasern gehen und äußere Erregungen auf diese derart übertragen, daß sie sich zusammenziehen. In der Regel sind aber in dem Verlauf der Nervenfasern noch weitere Nervenelemente eingeschaltet, die **Ganglien**, die auch untereinander wieder durch Nervenfasern verbunden sind, so daß eine Erregung in mehrere Bahnen übergeht und eine ganze Anzahl Zusammenziehungen hervorruft. Bei der größten Mehrzahl der Tiere liegen nun die Ganglien alle beisammen und bilden das **Nervencentrum**, die **Ganglienkette** oder das **Rückenmark**. Daraus treten Vereinigungen von Nervenfasern hervor, die sich allmählich auflösen und in ihren einzelnen Fasern schließlich an die Muskulatur oder die Haut gehen: **motorische** (bewegende) und **sensible** (empfindende) Fasern. Endlich zeichnet sich bei allen höheren Tieren, wo von geistiger Thätigkeit gesprochen werden kann, ein Teil des Nervencentrums durch besondere Entwickelung aus: der Sitz des Bewußtseins und des Willens, die sich in willkürlichen Bewegungen aussprechen, das **Gehirn**.

Größere Reize, wie Berührung, Stoß, chemische und elektrische Erregungen, übertragen sich unmittelbar auf jeden Nerv; für feine Wahrnehmungen sind dagegen besondere Einichtungen nötig: die **Sinnesorgane**. Sie sind in ihrer einfachsten Form starre, haarförmige Aufsätze auf der Haut: **Sinneshärchen**. Diese werden durch alle feineren Reize gleichmäßig erregt; eine verschiedene Sinneswahrnehmung tritt erst ein, wenn auch die Sinnesorgane nach dem Princip der Arbeitsteilung sich verschieden gestaltet haben. Entweder die mit Sinneshärchen besetzten Hautstellen erheben sich und werden zu beweglichen Tastern oder Riechanhängen, oder sie senken sich ein zu Riechgruben, die mit Sinneshärchen ausgekleidet sind und mit Muskeln zum Einziehen und Ausstoßen der Luft oder des Wassers versehen sein können. Ganz abgeschnürt, mit Flüssigkeit und festen Körpern gefüllt, die an die auskleidenden Sinneshaare anstoßen, wird die Hautgrube zum **Ohr**, dessen wesentlicher, von außen garnicht sichtbarer Teil, das häutige **Labyrinth**, auch bei uns ganz nach diesem Princip gebildet ist. Ebenso ist das **Auge** grundsätzlich als abgeschnürte Hautgrube aufzufassen, bei der die Sinneshaarbekleidung als lichtempfindliche Stäbchenschicht specialisiert erscheint; doch muß hier natürlich die Grube entweder eine Oeffnung oder einen durchsichtigen Abschluß nach außen haben.

Mit der zunehmenden Größe und der dadurch notwendig bedingten verwickelteren Organisation tritt in steigender Vervollkommnung noch ein Apparat auf, der dazu dient, zwischen den verschiedenen mehr oder weniger weit von einander entfernten Körperteilen und Organen den nötigen stofflichen Verkehr aufrecht zu erhalten. Dieser Verkehr, der **Stoffwechsel**, findet in einfachen Verhältnissen sozusagen von selbst statt, indem die Nahrungsflüssigkeit in der Leibeshöhle, in den Hohlräumen zwischen den Organen ganz zufällig hin- und herwogt, wie dies die Formveränderung und Bewegung des Körpers mit sich bringt. Ein derartig unregelmäßiger und unvollkommener Blutlauf genügt aber bei der weitaus größten Mehrzahl der Tiere nicht, und es tritt ein geschlossenes **Blutgefäßsystem** an dessen Stelle, mit dem **Herzen** als selbstthätigem Pumporgan, wodurch die Blutbewegung unabhängig gemacht wird. Die Ausbildung des Blutgefäßsystems richtet sich im Einzelnen ganz nach dem Bedürfnis, dem Stoffwechsel der verschiedenen Körperteile, giebt z. B. an ein wenig brauchendes Skelettstück nur einen schwachen Zweig ab, durchzieht dagegen einen vielbewegten Muskel mit einer unendlichen Menge feinster Kanäle, wodurch eine sehr große Berührungsfläche erzielt und der lebhafteste Stoffwechsel ermöglicht wird.

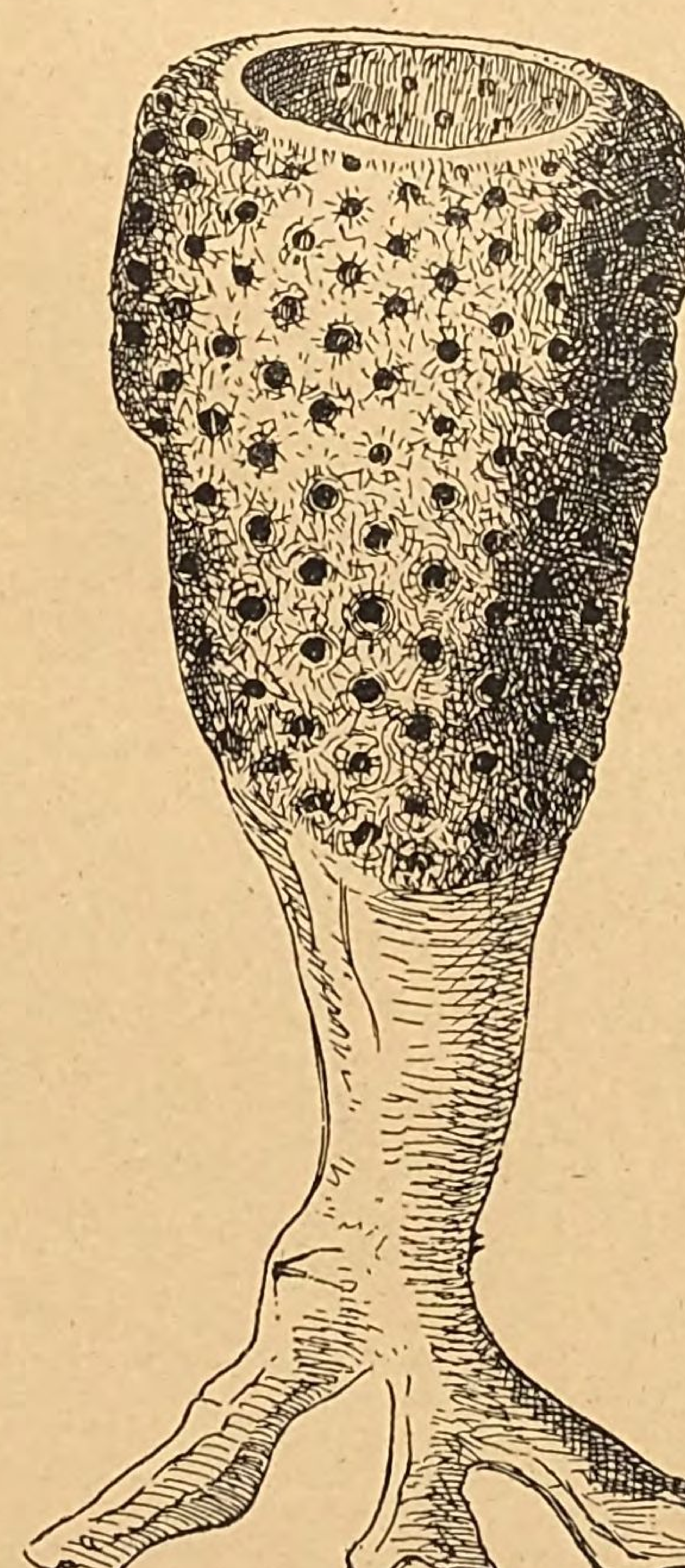
Die Einteilung der Tierwelt auf Grund des natürlichen Systems, das sich zugleich dem allgemeinen Entwickelungsgange des gesamten Tierreiches anschließt, haben wir bereits im letzten Kapitel des siebenten Abschnittes mitgeteilt, und dabei auch den Zusammenhang dieses allgemeinen Entwickelungsganges skizziert. Solcher Systeme sind aber gar viele aufgestellt worden, und das erklärt sich auch auf ganz einfache Weise durch die Verschiedenartigkeit der der Unterscheidung zu Grunde gelegten Merkmale. Wir werden im folgenden vielfach solche Unterscheidungen finden, auf die bei der obenangeführten Einteilung nicht Rücksicht genommen ist, die aber vom entwickelungsgeschichtlichen Gesichtspunkte aus von hoher Bedeutung sind. Soweit es zu vermeiden war, haben wir in diesem für die Laienwelt bestimmten Buche von einer allzu großen Zersplitterung der Begriffe und allzu reichlichen Aufzählung wissenschaftlicher Fremdwörter Abstand genommen; immerhin sind die an das Gedächtnis und die Aufmerksamkeit des Lesers gestellten Ansprüche noch groß genug.

In den folgenden Kapiteln werden wir nun eine gedrängte Rundschau im Reiche der wirbellosen Tiere, dann eine solche der Wirbeltiere vornehmen, und endlich auf Grund des von Häckel aufgestellten Stammbaumes die Entwickelungsreihe vorführen, aus welcher, soweit dies wissenschaftlich erweisbar oder mindestens mit gutem Grunde annehmbar ist, das Menschengeschlecht im Laufe der Jahrmillionen sich entwickelt hat.

Zweites Kapitel.

Die wirbellosen Tiere.

Den niedrigsten Kreis der Tierwelt (die wir uns ebenso wie die Pflanzenwelt vom Protistenreiche abgegrenzt zu denken haben) bilden die Urtiere, die bereits im 3. Kapitel des VII. Abschnittes besprochen worden sind. Ihnen schließen sich die Pflanzentiere an, unter denen wieder die Klasse der Schwämme die niedrigste Stufe bildet. Man hat diese merkwürdige Ordnung früher gewöhnlich zu den Pflanzen, neuerer Zeit auch zu den Urtieren gezählt. Jetzt werden sie entweder als besondere Klasse oder als Zweig einer solchen, nämlich derjenigen der bereits genannten Pflanzentiere oder Coelenteraten*) (Hohltiere) aufgefaßt.



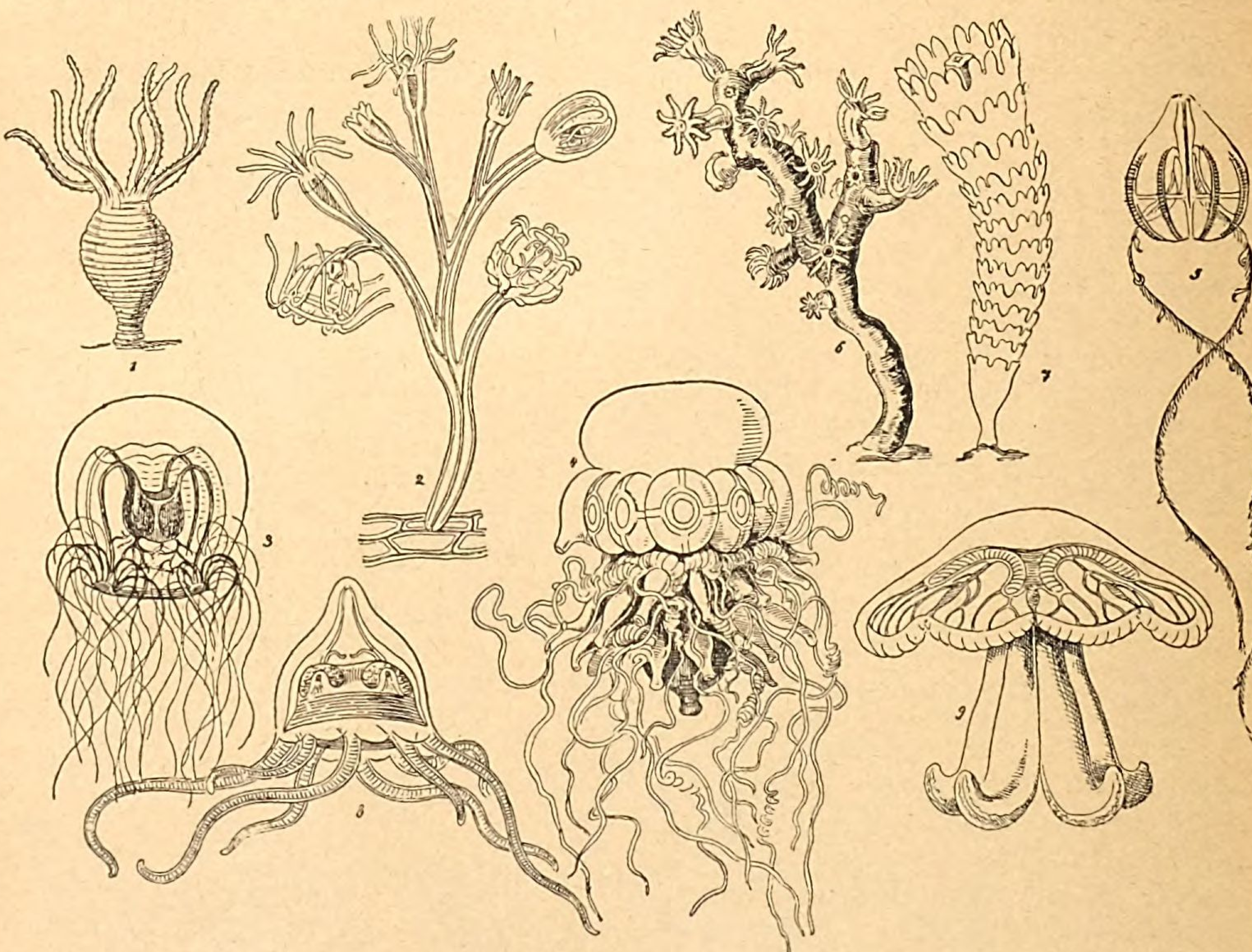
Glasschwamm.

Die Schwämme entwickeln sich aus Eiern, mitunter auch aus Keimkörpern (so z. B. beim Süßwasserschwamm). Aus dem Ei entwickelt sich eine Flimmerlarve, die sich, nachdem sie einige Zeit frei umhergeschwommen ist, festsetzt und nun die Gasträadenform annimmt, indem sie einen Magenraum bildet, an dem an einer Stelle die Mundöffnung durchbricht. Durch diese letztere wird das die nötigen Nährstoffe enthaltende Wasser durch Poren und Kanäle der mit einzelnen Geißelzellen besetzten Leibeswand aufgenommen und wieder ausgeworfen, ebenso werden die Abgangsstoffe, und — nach erlangter Geschlechtsreife — auch die Geschlechtsprodukte entleert. Meist bilden die Schwämme Stöcke, in denen die Einzelwesen bis zur Unkenntlichkeit miteinander verwachsen. Unsere nebenstehende Abbildung zeigt einen Glasschwamm aus der Tiefsee, der ebensowohl in den Meeren der Gegenwart, als auch in denjenigen der Vorzeit zahlreich und weitverbreitet vorkommt. Es giebt Arten, deren Gerüst aus einem äußerst feinen Kieselgewebe besteht. Nach dem Tode des Tieres zerfällt das Kieselgerüst in einzelne Nadeln, die in der Kreidezeit ganze Gesteinslager gebildet haben.

Von den Angehörigen der nächsten Klasse haben wir den Korallentieren schon bei Betrachtung der Bildung der Erdoberfläche eingehende Beachtung angedeihen lassen. Diese gehören dem großen Stamm der Nesseltiere an, dessen Hauptformen wir in der Abbildung auf S. 574 nach Zeichnungen von Häckel wiedergeben.

*) Coelenteraten, aus den griechischen Wörtern Koilos (Höhle) und enteron (Darm) gebildet, nennt man diese Tiere, weil Leibeshöhle und Darm bei ihnen durch ein einziges Hohlraumsystem ersetzt werden, das die Leistungen von Darm und Blutgefäßsystem in sich vereinigt

Fig. 1 stellt eine Hydra, die einfachste Form der Hydropolypen und zugleich die gemeinsame Stammform aller Nesseltiere dar. In Fig. 2 sehen wir einen kleinen Stock von Hydropolypen, von denen die oberen für die Ernährung des Stockes als fressende Polypen sorgen, während die unteren sich ablösen und zu Medusen werden. Fig. 3 zeigt die Seitenansicht einer Hydromeduse, Fig. 4 eine Siphonophore, unter deren, den obersten Teil der Figur bildenden Schwimmblase ein Kranz von Schwimmglocken (Medusenschirmen mit vier Kreuzkanälen) sitzt, während an dem rübenförmigen Stamm eine dicht gedrängte Gruppe von spindelförmigen Siphonen (Freßpolypen), langen Fangfäden und Geschlechtstieren sitzt. Fig. 5 stellt eine Kammqualle (auch Rippen- oder Gurkenqualle genannt) dar, deren gurkenförmiger Körper gleich demjenigen der meisten Schirmquallen hell und durchsichtig wie Krystall ist und die sich mittels rudernder Wimperblättchen

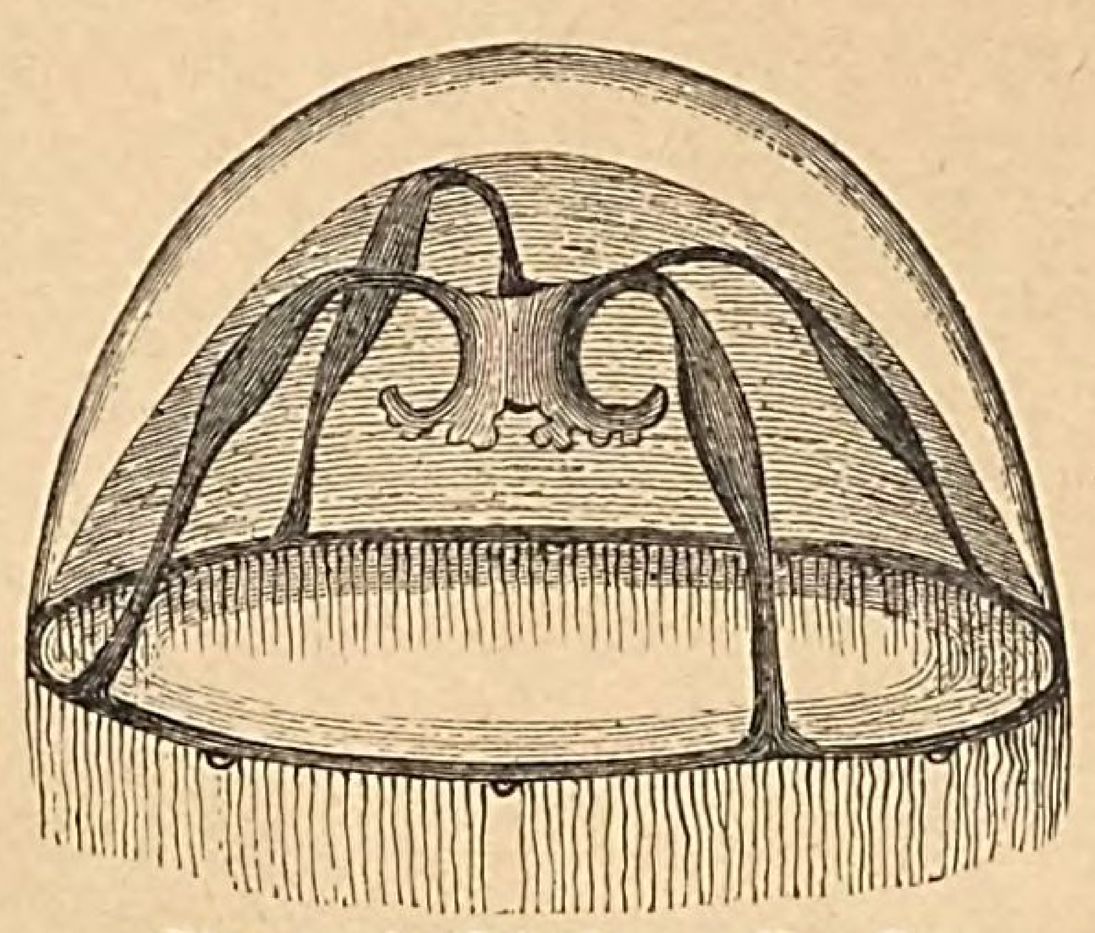


Hauptformen der Nesseltiere.

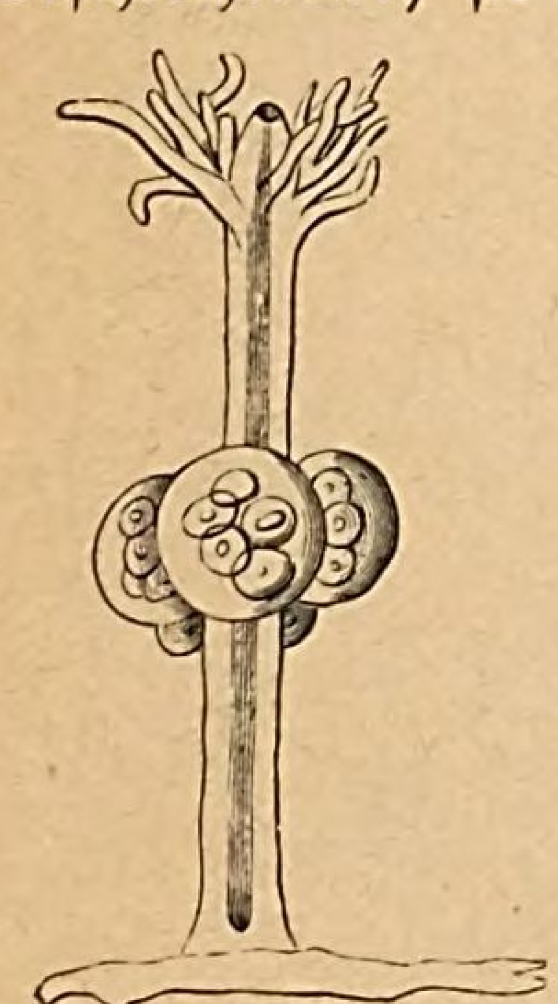
fortbewegen. Ihre innere Einrichtung schließt sich in einigen Punkten derjenigen gewisser Hydromedusen, in anderen derjenigen der Strudelwürmer an, so daß man in ihnen eine Zwischenform zwischen diesen beiden vermutet. Fig. 6 zeigt uns die rote Edelkoralle des Mittelmeeres als Vertreterin der achtstrahligen Korallen, Fig. 7 einen Becherpolypen, Fig. 8 die Stammform der Scyphomedusen und Fig. 9 eine wurzelmündige Scheibenqualle, deren gabelteilige Mundarme in eigentümlicher Weise an ihren Krausen mit einander verwachsen sind.

Die Organe der Coelenteraten oder Darmhöhlentiere, zu denen die Polypen und Quallen gehören, sind, wie die Abbildung auf S. 575 einer Qualle von der Art der Tiaropsis Diadema zeigt, fast immer kreisförmig um eine durch den Rücken- und Bauchpol gehende Achse gestellt. Allerlei Kanäle und Fächer gehen in der Regel vom Magen aus und ersetzen in gewisser Weise die Leibeshöhle. Die einfachsten Quallenpolypen

sehen wir in der Abbildung unten links durch ein weibliches Individuum der Art der Hydractinia carnea vertreten. Um die Mitte des Leibes liegen die kugeligen Eierstöcke oder Eikapseln, denen bei den männlichen Individuen Samenkapseln entsprechen. Im Larvenzustande schwimmt die Hydractinia flimmernd im Wasser umher, im Reifezustand ist sie in einen festsitzenden Polypen umgewandelt. Bei der Hydractinia findet kein Generationswechsel statt, wie dies bei anderen Polypen, so beispielsweise bei der Quallenart Cladonema radiatum der Fall ist. Diese in unserer Abbildung unten rechts mit B bezeichnete Qualle entstammt einer ihr völlig unähnlichen Mutter, dem wegen seiner kreuzweise gestellten Fangarme als Kreuzpolyp (auch Stauridium) genannten Polypen, den unsere Abbildung in A zeigt. Dieser Kreuzpolyp ist eine Zwischengeneration in der Entwickelung der Qualle, so daß also nie aus dem Ei derselben unmittelbar wieder eine Qualle hervorgehen kann. Die Qualle ist das Geschlechtstier; sie pflanzt sich auf geschlechtlichem Wege fort und aus ihren Eiern gehen die Stauridien hervor, die an einem Stiele festgewachsen sind und oberhalb ihres unteren Armkreuzes Knospen treiben (Abbildung A zeigt eine solche), die sich zur Qualle entwickelt.



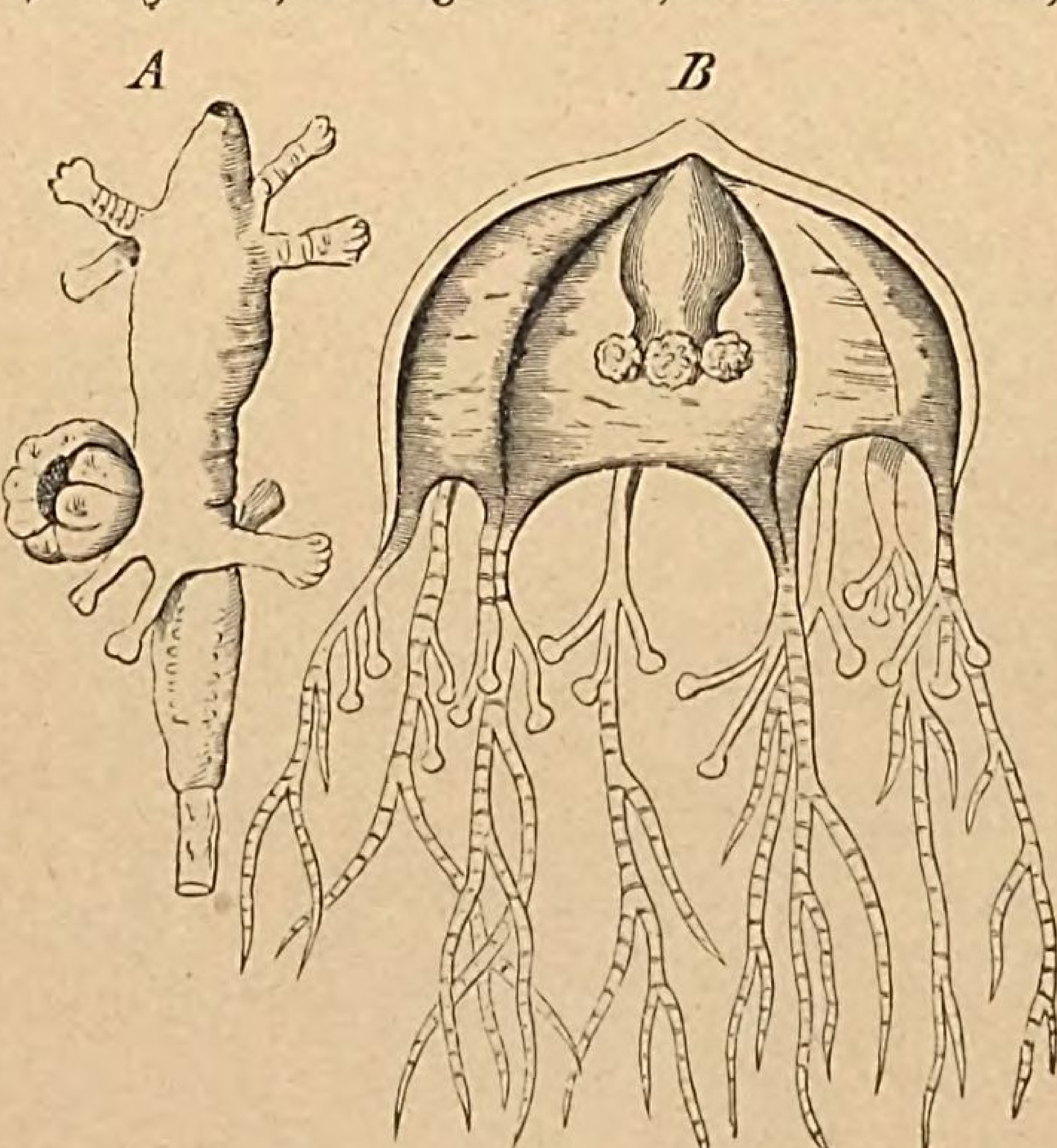
Tiaropsis Diadema-Qualle.



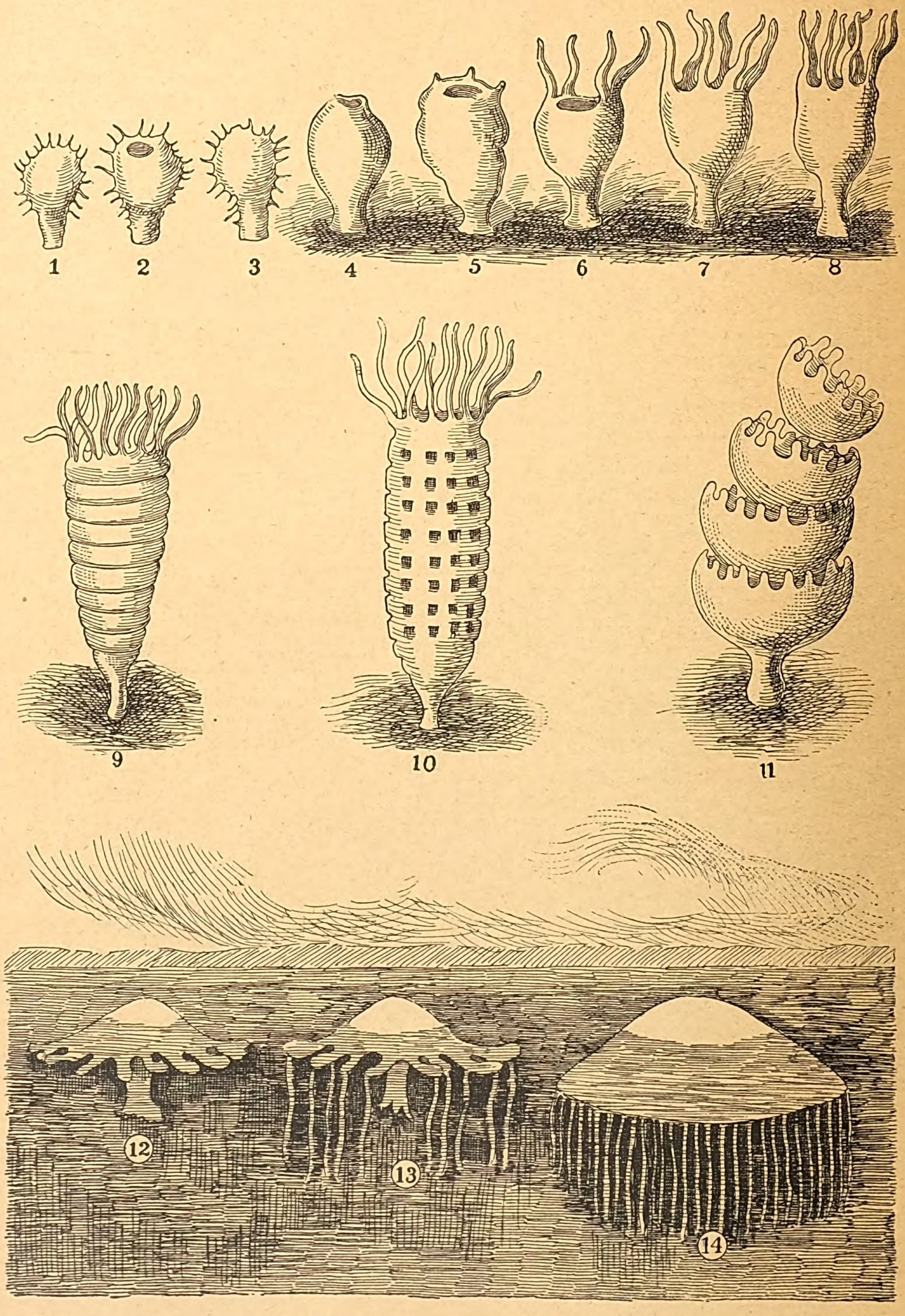
Hydractinia carnea.

Eine andere, sehr interessante Entwickelungsweise von Quallen oder Medusen zeigt unsere Abbildung auf S. 576. Wir sehen hier in Fig. 1—3 die gewimperte und frei schwimmende Larve in ihren ersten Entwickelungsstadien, die auf Ausbildung der Mundöffnung und des Fußes hinauslaufen. In Fig. 4 hat sich die Larve auf dem Grunde festgesetzt und beginnt nun ihre Fangarme zu entwickeln (Fig. 6—8). Der Tierleib fängt hierauf an sich einzuschnüren (Fig. 9) und an den Einschnürungen gezackte Ränder zu bilden, deren erste Entwickelungsform Fig. 10 darstellt. Endlich löst sich der Leib in Scheiben auf, die sich von einander trennen (Fig. 11) und als selbständige Einzelwesen (Medusen) weiterentwickeln (Fig. 12—14).

Die Stachelhäuter oder Echinodermen, wegen ihrer eigentümlichen Bauart auch Sterntiere genannt, leben ausschließlich im Meere und zeichnen sich durch strahligen Bau und Einlagerung von Kalkkörpern in die äußere Haut aus. Die Körperteile dieser Tiere sind radial um eine mittlere senkrechte Achse gelegen (an deren Endpunkten sich meist Mund und After befinden) und vorherrschend in der Fünfzahl vorhanden. Doch kommen vielfach Uebergänge von dieser streng radialen Symmetrie zum bilateralen (zweiseitigen) Körperbau vor, indem ein Teil in der Mitte und zwei Paare seitlich gelagert sind. Die innere Organisation weist stets einen wohlentwickelten Darm, Herz und Blutgefäße, ein aus fünf, durch Stränge verbundene Centren bestehendes Nervensystem und häufig auch Sinnesorgane (Augen) auf. Die Bewegungsorgane sind durch ein besonders kompliziertes Wassergefäßsystem in Thätigkeit tretende Saugfüßchen (Ambulacren), deren die Stachelhäuter oft eine große Anzahl be-

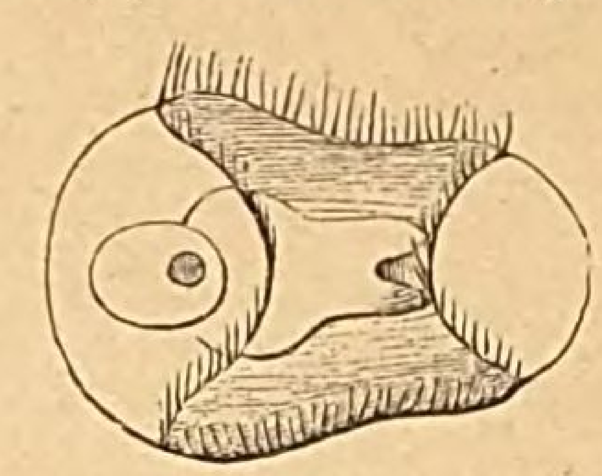


Kreuzpolyp und Cladonema-Qualle.

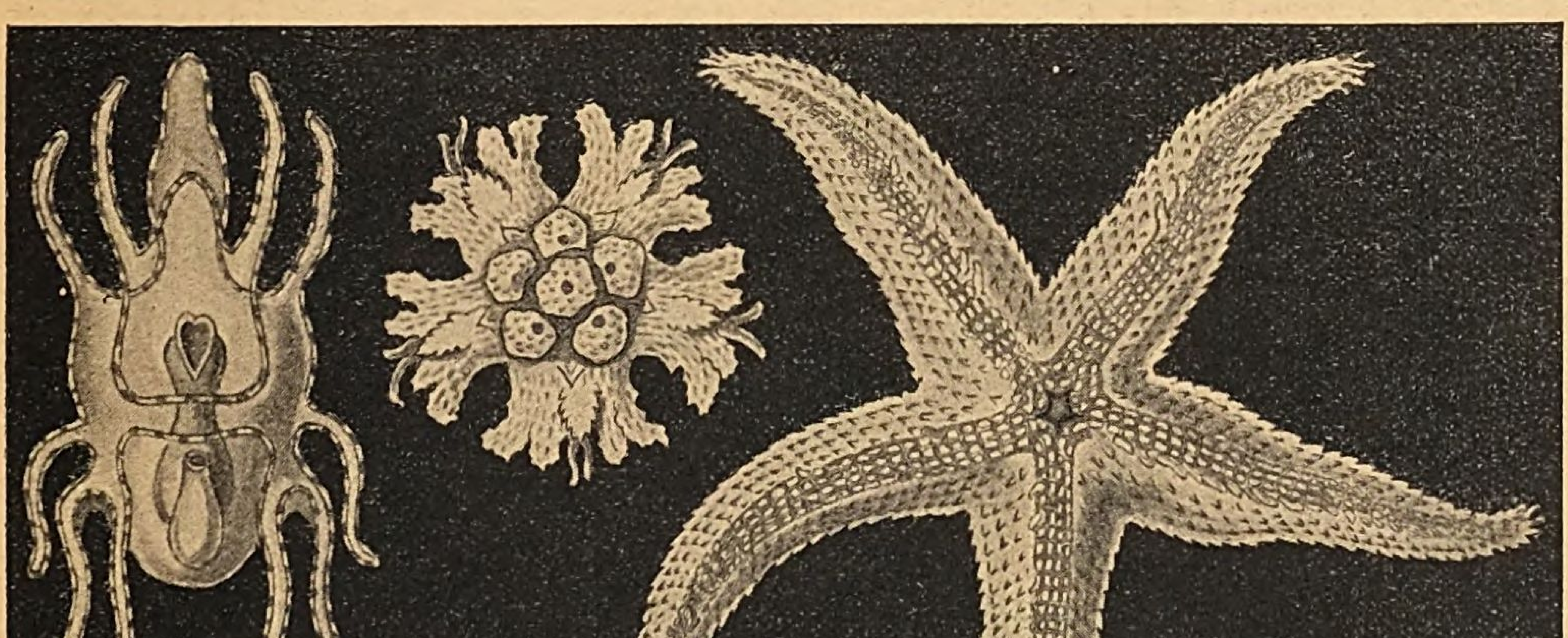


Entwickelung einer Meduse.

sitzen. Von den vier Klassen der Sterntiere weisen die Seesterne besonders schöne Formen auf. Ihr plattgedrückter, entweder fünfeckiger oder in 5—20 Strahlen mehr oder minder sternförmig getrennter Körper wird von einer derben, mit meist warzigen und stacheligen Kalkplatten durchsetzten Haut bedeckt, die den Tieren häufig nur eine beschränkte Beweglichkeit ihrer Körperteile gestattet. Im Mittelpunkte der in normaler Lage nach abwärts gekehrten Seite befindet sich die Mundöffnung, die in einen weiten, mit taschenartigen Aussackungen versehenen Magenraum führt. Vom Munde aus gehen in die Arme bis zu den Spitzen derselben tiefe Rinnen, die sog. Ambulacralrinnen, aus denen die Saugfüßchen, hohle, durch ein inneres Wassergefäßsystem schwellbare Gliederchen, hervortreten, mit deren Hilfe der Seestern sich kriechend fortbewegt. Innerlich werden die Weichteile durch ein namentlich in den Armen sehr ausgebildetes System wirbelartiger Skelettstücke gestützt. Das Nervensystem liegt in Form eines Nervenrings, von dem radiale Stämme in alle Arme ausgehen, um die (den Schlangensternen fehlende) Mundregion. Auf dem Rücken befindet sich die siebartig durchbrochene Madreporenplatte zum Einlaß des Wassers in das Wassergefäßsystem, und, wenn ein solcher überhaupt vorhanden ist, auch der After. Von Sinnesorganen sind Augen häufig an der Spitze der Arme entwickelt. Die Fortpflanzung geschieht durch Eier, aus denen sich eigentümliche Larven entwickeln. Dieselben gleichen mit wenigen Ausnahmen einem Boote mit ausgeschweiften und an beiden Enden verdeckartig übergeklappten Rändern, die mit einem Saume schwingender Wimpern als Bewegungs-



Echinodermen-Larve.

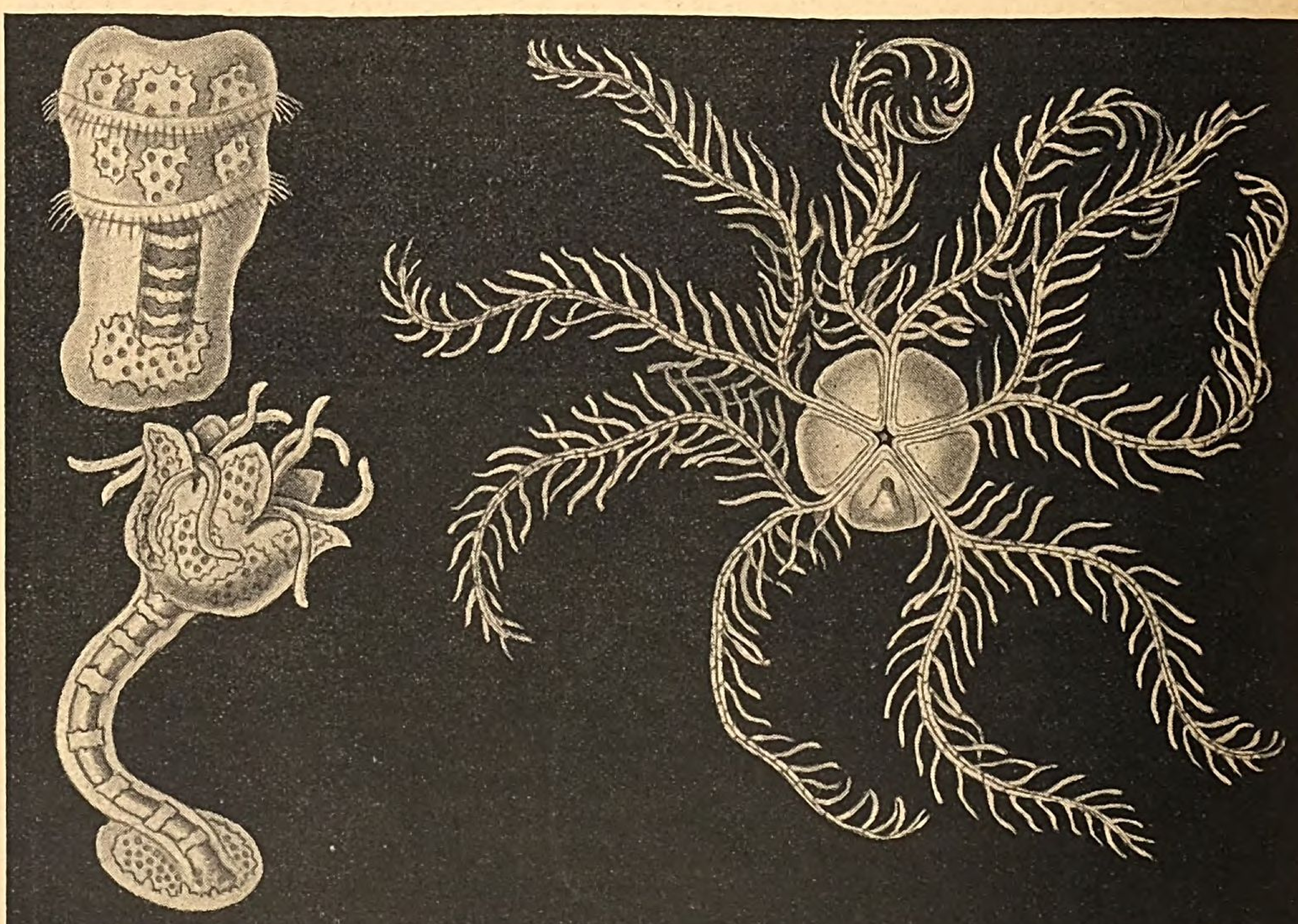


Entwickelungsstadien eines Seesternes.
Nach Häckel.

organe besetzt sind. Das wesentliche Organ dieser Larvenform ist ein an einer Stelle zum Magen erweiterter Verdauungskanal. Diese Larvenform, die unsere obenstehende Abbildung darstellt, gleicht im hohen Maße einer solchen von den im Meere lebenden Borstenwürmern, und da auch im Bau der einzelnen Strahlen der Stachelhäuter, namentlich in jenem der Seesterne, eine große Aehnlichkeit mit den Lagerungsverhältnissen und der Aufeinanderfolge der Teile der Gliederwürmer vorhanden ist, so glaubt Häckel jene als

einen Seitenstamm der letzteren ansehen zu sollen, und hält es für wahrscheinlich, daß die ältesten Stachelhäuter als Gliederwurmstöcke in der Weise entstanden sind, daß am Kopfende des bilateralen (zweiseitigen, d. h. rechts und links symmetrisch gebildeten), wurmartigen Muttertieres Knospen in strahliger Anordnung entstanden. Noch jetzt kommt, wie Oskar Schmidt in seiner „Descendenzlehre" schreibt, diese Knospen- und, wenn man will, Stockbildung bei den Stachelhäutern vor, indem einige Seesternarten eine solche Neubildungskraft besitzen, daß ein einzelner abgerissener Arm oder Strahl sich zu einem vollständigen Tiere ergänzt. Beobachtungen, die **Kowalewsky** angestellt hat, lassen es sogar als sehr wahrscheinlich erscheinen, daß die Ablösung von Strahlen und Wiederergänzung derselben durch Knospen bei einigen Arten ein regelmäßiger Vorgang sei.

Die große Selbständigkeit, welche die Teilstücke bekunden, erklärt sich daraus, daß

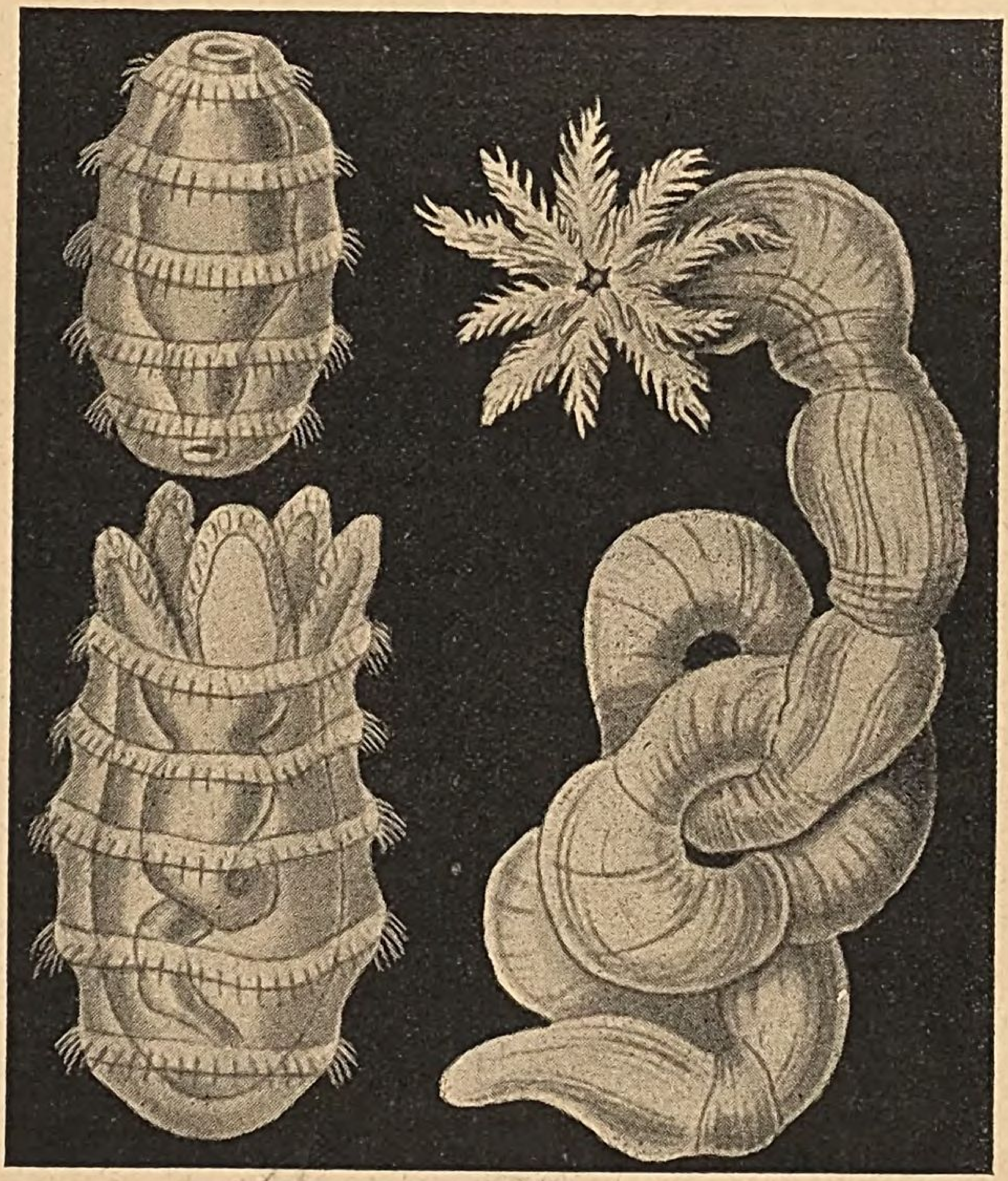


Entwickelungsstadien einer Seelilie.

jeder Arm seinen Anteil an den wichtigsten Organen: Darm, Nerven, Wassergefäßsystem, Geschlechtsorgane u. s. w. besitzt.

In der Entwickelungsgeschichte der Stachelhäuter unterscheidet Häckel, seiner angeführten Anschauung von der Abstammung derselben entsprechend, zwei Stadien, deren erstes er als eine erste Generation oder **Wurm-Person**, das folgende als eine zweite Generation oder **Würmerstock** bezeichnet. Die erste Generation oder Jugendform besitzt den Formwert einer einfachen, ungegliederten Wurmperson von bilateraler Grundform. Aus der in ihren Grundzügen bereits oben geschilderten Larve wachsen im Verlaufe ihrer Fortentwickelung bei den Seesternen und Seeigeln armähnliche Fortsätze hervor, wogegen sich bei den Seelilien und Seegurken der Wimpersaum in eine Reihe hintereinander gelegener Wimpergürtel trennt. Im letzten Entwickelungsstadium der Wurmperson tritt die fünfstrahlige Anlage bereits deutlich hervor, und es vollzieht sich nun die Entwickelung zum geschlechtsreifen

Sterntier (der zweiten Generation oder dem Würmerstocke). Bei allen vier Formen der Stachelhäuter liegt die sternförmige, fünfstrahlige Mundöffnung in der Mitte des Stockes. Bei den Seesternen geht von jeder Ecke derselben eine mehrfache Reihe von Saugfüßchen aus, die sich längs der Arme an deren Unterseite hin bis zur Spitze derselben erstreckt. Bei den Seelilien ist jeder Arm schon von der Basis an gespalten und gefiedert. Bei den Seeigeln liegen zwischen den fünf Reihen der Saugfüßchen breitere stachelige Felder, und bei den Seegurken findet man bald an der Außenseite des wurmartigen Körpers die fünf Saugfüßchenreihen, bald nur die den Mund umgebenden zwei- oder dreifach gespaltenen und gefiederten Mundarme. Häckel hat die Entwickelungsgeschichte dieser merkwürdigen Tiere in von ihm selbst angefertigten, hochinteressanten Zeichnungen veranschaulicht, denen unsere Darstellungen auf S. 577—579 nachgebildet sind; doch umfassen diese nur die zwei letzten Entwickelungsstadien der Wurmperson und die Darstellung des geschlechtsreifen Tieres oder Würmerstockes des Seesternes, der Seelilie und der Seegurke, wogegen die Häckelschen Zeichnungen sich über alle vier Sterntierformen erstrecken und außer den vorgenannten Entwickelungsstadien auch noch die Eizelle und das früheste Stadium der Larvenentwickelung darstellen.



Entwickelungsstadien einer Seegurke.

Die **Seelilien** oder **Crinoiden**, auch **Encriniten** genannt, die schon in den ältesten geologischen Zeitaltern einen so großen Anteil an der Schichtenbildung genommen haben, sind auch in der Gegenwart durch zahlreiche Arten vertreten. Alle sind, mit Ausnahme weniger Formen der Gegenwart, festsitzende Tiere, deren kelch- oder becherförmiger Leib auf einem gegliederten verkalkten Stiele sitzt und im Umkreis des Körperumfanges eine Anzahl ebenfalls gegliederter Arme trägt. An der nach aufwärts gekehrten Seite befindet sich in der Mitte des Kelches die Mundöffnung und seitwärts davon der After; die an dem Stiele sitzende Unterseite ist mit regelmäßigen Kalktafeln bedeckt. Die Arme und häufig auch der Stiel tragen Seitenanhänge, Fiederchen, und erstere überdies auf der Oberseite ein System von „**Ambulacralfurchen**“, die für die Zuleitung der aus kleinen Organismen bestehenden Nahrung zum Munde sorgen.

Die **Seeigel** erhalten infolge vollständiger Verkalkung ihrer Körperwandungen, wobei sich ein Schalenpanzer von Kalktafeln bildet und zu meist unbeweglich miteinander verbundenen Plattenreihen vereinigt, eine feste Form von kugel-, herz- oder plattscheibenförmiger Gestalt. Die Oberfläche der aus mosaikartig ineinander greifenden Platten gefügten Schale ist mit beweglichen Stacheln, deren jeder auf einem Gelenkköpfchen durch Muskeln drehbar ist, bedeckt, und zwischen ihnen treten die Saugfüßchen-Reihen hervor. Indem der kriechende

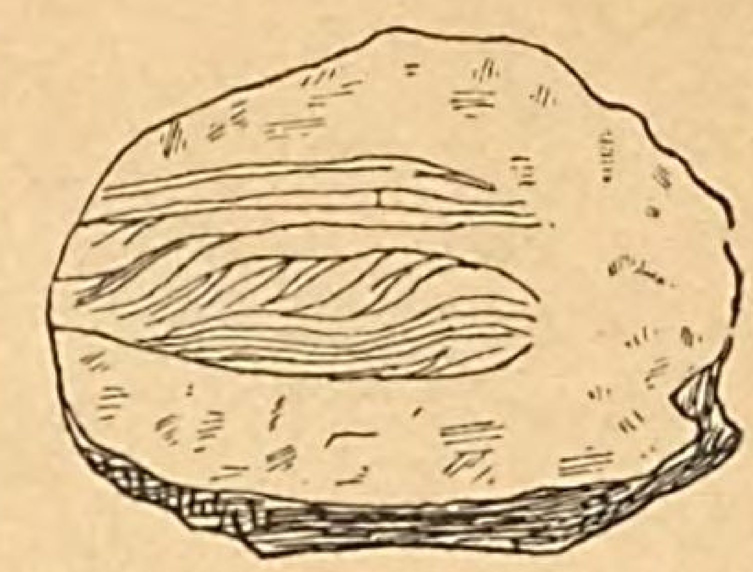
Seeigel diese Füßchen nach allen Richtungen weit ausstreckt und dieselben, sobald er einen Halt gefunden hat, in möglichst großer Zahl festheftet, kann er durch plötzliches Verkürzen derselben und Loslassen der entbehrlich gewordenen eine ziemlich rasche Ortsbewegung bewerkstelligen und an Seepflanzen und anderen Gegenständen emporklettern. Auch die drehbaren Stacheln können bei der Fortbewegung behilflich sein.

Die Seegurken, Seewalzen oder Holothurien unterscheiden sich von den anderen Sterntieren durch ihren wurmartig gestreckten, walzen- oder wurstförmigen Leib. An dem Vorderende des Körpers befindet sich die mit einziehbaren, zur Nahrungsaufnahme, Atmung und oft auch zur Fortbewegung dienenden Fühlern oder Tentakeln umstellte Mundöffnung, am entgegengesetzten Ende die Afteröffnung. Die meist lederartige Haut dieser Tiere entbehrt des umfangreichen Kalkskelettes der übrigen Echinodermen; dafür sind zahllose kleine Kalkkörperchen von oft höchst zierlicher Gestalt in ihr eingebettet. Längs- und Quermuskeln vermitteln die oft sehr ausgiebigen Gestaltveränderungen der Tiere, und das Wassergefäßsystem tritt meist durch fünf Längsreihen von Ambulacralfüßchen an die Oberfläche. Außer dem Wassergefäßsystem ist an inneren Organen noch ein wohl entwickelter Darm, ein den Schlund umfassender Nervenring mit fünf Längs-Nervenstämmen, ein ausgebildetes Blutgefäßsystem und bei den meisten Holothurien eine sogenannte „Wasserlunge“, die gleichzeitig als Atmungsorgan und Niere dient, vorhanden. Die Geschlechtsorgane der meist getrennt-geschlechtlichen, seltener zwitterigen Tiere münden auf der Rückenseite vorn nahe bei oder zwischen den Tentakeln. Außer der Entwickelung direkt selbständiger Larven kommt bei den Holothurien auch eine solche am Muttertiere, und zwar in besonderen Bruttaschen desselben vor. Die Holothurien ernähren sich entweder auf dem Meeresgrunde durch massenhaftes Verschlucken von Schlamm, dessen organische Beimengungen sie verdauen und den Rest wieder durch den After von sich geben oder durch Umherklettern an Meerespflanzen und anderen von kleinen Tieren bevölkerten Gegenständen. Ihre verästelten Tentakeln haben große Aehnlichkeit mit Algen und locken dadurch die Beutetiere an, die dann einfach vor die Mundöffnung gebracht und abgeleckt werden. Zu bemerken ist, daß den Kletterholothurien die Ambulacralfüßchen fehlen. Viele Holothurien haben die Eigentümlichkeit, ihre Eingeweide auszuspeien, wenn man sie beunruhigt, ja sogar große Stücke ihrer Haut abzuwerfen, und die Arten von Synapta reißen sich bei unsanfter Berührung durch Zusammenschnürung der Muskeln geradezu selbst in Stücke.

Die Würmer (Helminthen), die den Systematikern von jeher wegen ihres verwickelten Baues und der Mannigfaltigkeit ihres Organismus große Schwierigkeiten bereitet haben, werden von Häckel in der Weise klassifiziert, daß er die Platt- und Ringelwürmer ausscheidet und den Rest in die vier Hauptklassen der Rund-, Arm-, Rad- und Rüsselwürmer einteilt. Von diesen kommt nur den beiden letzten Klassen eine entwickelungsgeschichtliche Bedeutung zu, weil sie einerseits in der Ausbildung ihrer Organisation wichtige Fortschritte zeitigen, andererseits die Uebergangsstufe zu den Chorda- und durch diese zu den Wirbeltieren bilden. Die erwähnten Fortschritte bestehen in der Bildung einer echten Leibeshöhle, der Entstehung einer zweiten Darmöffnung, des Afters und der Ausbildung eines Blutgefäßsystemes. Die große Mehrzahl der Helminthen besitzt schon diese drei Merkmale, bei den übrigen Wurmtieren sind doch wenigstens ein oder zwei derselben zur Ausbildung gelangt.

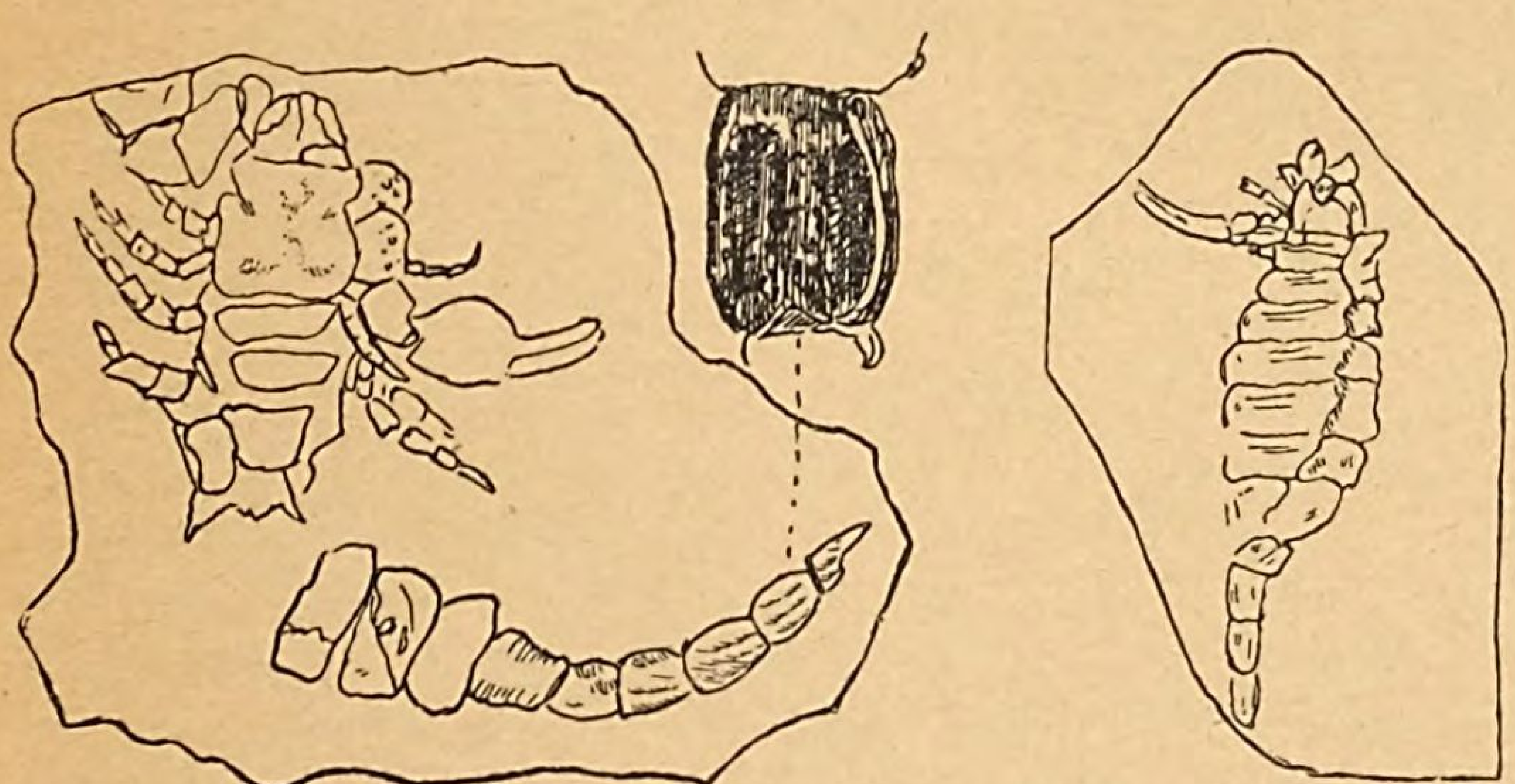
Zu erwähnen ist, daß bei den Rüsselwürmern zuerst ein Blutgefäßsystem und bei den stammverwandten Eichelwürmern ein Kiemendarm vorkommt. Der vordere Abschnitt des Darmrohres ist in ein Atmungsorgan verwandelt und von zwei Reihen Kiemenspalten durchbrochen; zwischen diesen findet sich ein Kiemengerüst, aus Chitin-Stäbchen und Platten gebildet. Das Wasser, welches durch die Mundöffnung aufgenommen wird, tritt durch diese Spalten nach außen. Dieselben liegen in der Rückenhälfte des Vorderdarmes, welche durch paarige Längsfalten von der Bauchhälfte unvollständig geschieden ist. Diese Bauchhälfte, deren drüsige Wände mit Flimmerepithel bedeckt sind und Schleim

absondern, entspricht der Schlundrinne der Chordonier, jenem wichtigen Organe, aus welchem die Schilddrüse der Schädeltiere entstanden ist. Diese bedeutungsvolle Uebereinstimmung in dem ganz eigentümlichen Bau des Kiemendarms bei den Enteropneusten, Tunicaten und Vertebraten ist, wie Häckel schreibt, zuerst von Gegenbaur erkannt worden (1878); sie ist um so bedeutungsvoller, als in allen drei Gruppen zunächst am jungen Tiere nur ein Paar Kiemenspalten auftritt; erst nachträglich wird ihre Zahl vermehrt. Wir können die ganze Vorderhälfte des Eichelwurms (bis zum Ende des Kiemendarmes) als Kopf auffassen und ihr die Hinterhälfte (mit einfachem Leberdarm) als Rumpf gegenüberstellen. An die Jugendform des Eichelwurms schließen sich ihrer verwandten Organisation zufolge die Ascidienlarven, die dem Kreise der Tunicaten oder Manteltiere angehören, und an diese wieder der Amphioxus an, diese Uebergangsform zum Wirbeltier, und zwar zunächst zu den Fischen. Wir werden hierauf im letzten Kapitel dieses Abschnittes noch näher zurückkommen.



Aeltester Insektenrest.

Wir sehen hier eine Wurmform als Anfangsglied der Entwickelungsreihe der Wirbeltiere; aus einer anderen haben sich die Gliedertiere entwickelt, die Häckel auf Grund der jetzigen Kenntnis ihres Körperbaues und ihrer Entwickelung in die drei Hauptklassen der Anneliden oder Ringeltiere, Crustaceen oder Krustentiere und der Tracheaten oder Luftrohrtiere einteilt. Die Ringeltiere zerfallen in die beiden Klassen der Egel und Borstenwürmer, von denen die ersteren keine, die letzteren nur ungegliederte Füße oder Borsten besitzen. Die Krustentiere scheiden sich nach Häckel in die beiden Klassen der Krebstiere und der Schildtiere, von denen die ersteren durch den Besitz von zwei Paar Fühlhörnern sich auszeichnen, wogegen die letzteren nur ein Paar dieser Organe besitzen. Die Luftrohrtiere endlich trennt Häckel in die vier Klassen der Urluftröhrer mit zahlreichen ungegliederten Beinpaaren, der Tausendfüßer mit zahlreichen gegliederten Beinpaaren, der Spinnen mit vier und der Insekten mit drei Beinpaaren. Alle diese Gliedertiere stimmen in der Zusammensetzung ihres Körpers aus einer größeren Zahl in der Längsachse hintereinander gelegener Rumpfsegmente oder Ringe überein, die äußerlich meistens deutlich erkennbar sind, weil die die Haut umgebende hornartige Hülle zwischen je zwei Gliedern ringförmig eingeschnürt ist. Im Innern ist die Gliederung durch die Wiederholung der Organe ausgedrückt, indem für jedes Glied ursprünglich ein besonderer Abschnitt des Gefäß-, Muskel-, Nervensystems u. s. w. vorhanden ist. Das centrale Nervensystem stellt stets ein Bauchmark mit Schlundring dar, das in der Weise zusammengesetzt ist, daß die ursprünglich für jedes Glied vorhandene, aus je einem Ganglienpaar gebildete Nervenknoten durch Längsfäden miteinander zu einer Kette verbunden

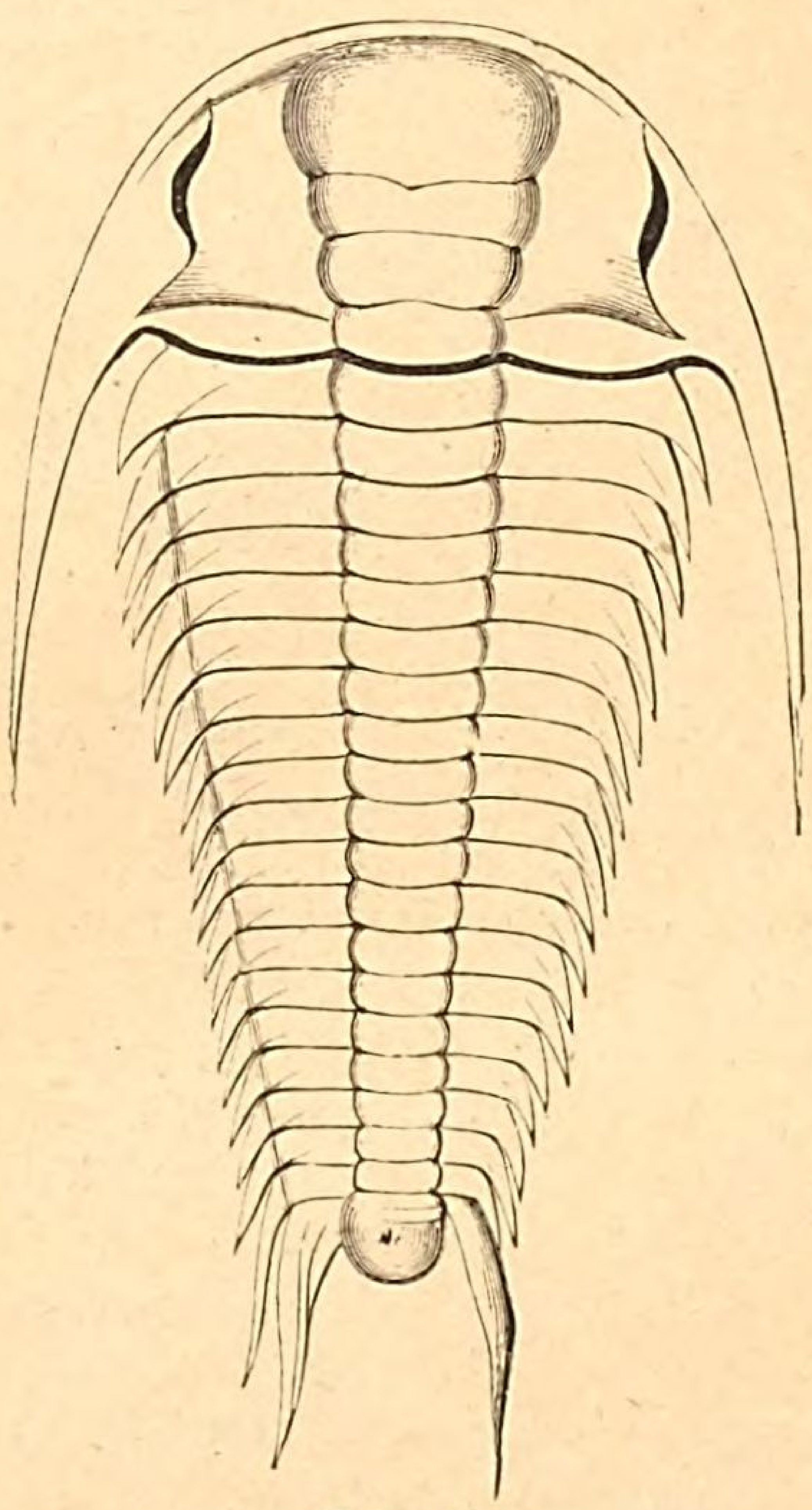


Skorpione aus dem oberen Silur.



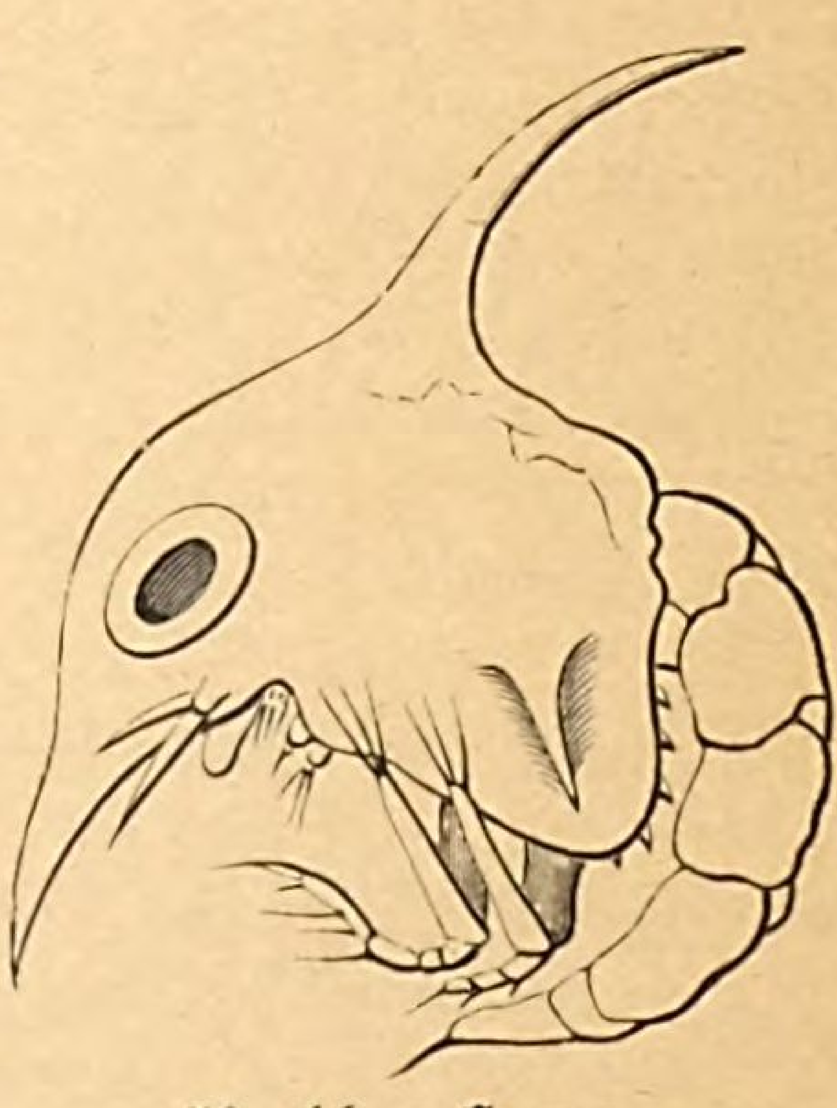
Tausendfuß.

sind, die auf der Bauchseite unter dem Darm verläuft. Der vorderste Knoten dieser Kette, der untere Schlundknoten, liegt im Kopfe und ist durch einen ringförmigen, den Schlund umfassenden Strang („Schlundring“) mit dem „oberen Schlundknoten“ oder Urhirn verbunden. Bei den Ringeltieren wiederholt sich in jedem Körpergliede ein Paar langer, gewundener Nierenkanäle; die Luftrohrtiere sind scharf gekennzeichnet durch ihre dieser Tierklasse einzig eigentümlichen Atmungsorgane (Tracheen), nach denen sie benannt sind. Den Krustentieren endlich fehlen diese beiden Organe, und ihr besonderes Merkmal ist die Stärke und Härte ihrer kalkhaltigen, krustenartigen Außenhülle. Den stammverwandtschaftlichen Zusammenhang aller Gliedertiere wird man sich in der Weise vorzustellen haben, daß zunächst aus dem Kreise der Würmer eine Form sich entwickelt hat, die Häckel als Urringeltiere bezeichnet. Aus diesem gingen als Seitenzweige die Egel und Borstenwürmer, als Hauptstamm die Ringeltiere hervor, die sich wieder in Urkruster und Urluftröhrer schieden. Von den Urkrustern gingen die beiden Zweige der Krebs- und Schildtiere aus, die zusammen die Hauptklasse der Krustentiere bilden; die Urluftröhrer trennten sich zunächst in die beiden Zweige der Spinnentiere und Tausendfüßer, und aus letzteren entwickelte sich die Klasse der Insekten, die mit den beiden vorgenannten Klassen zusammen die Hauptklasse der Luftrohrtiere bilden.



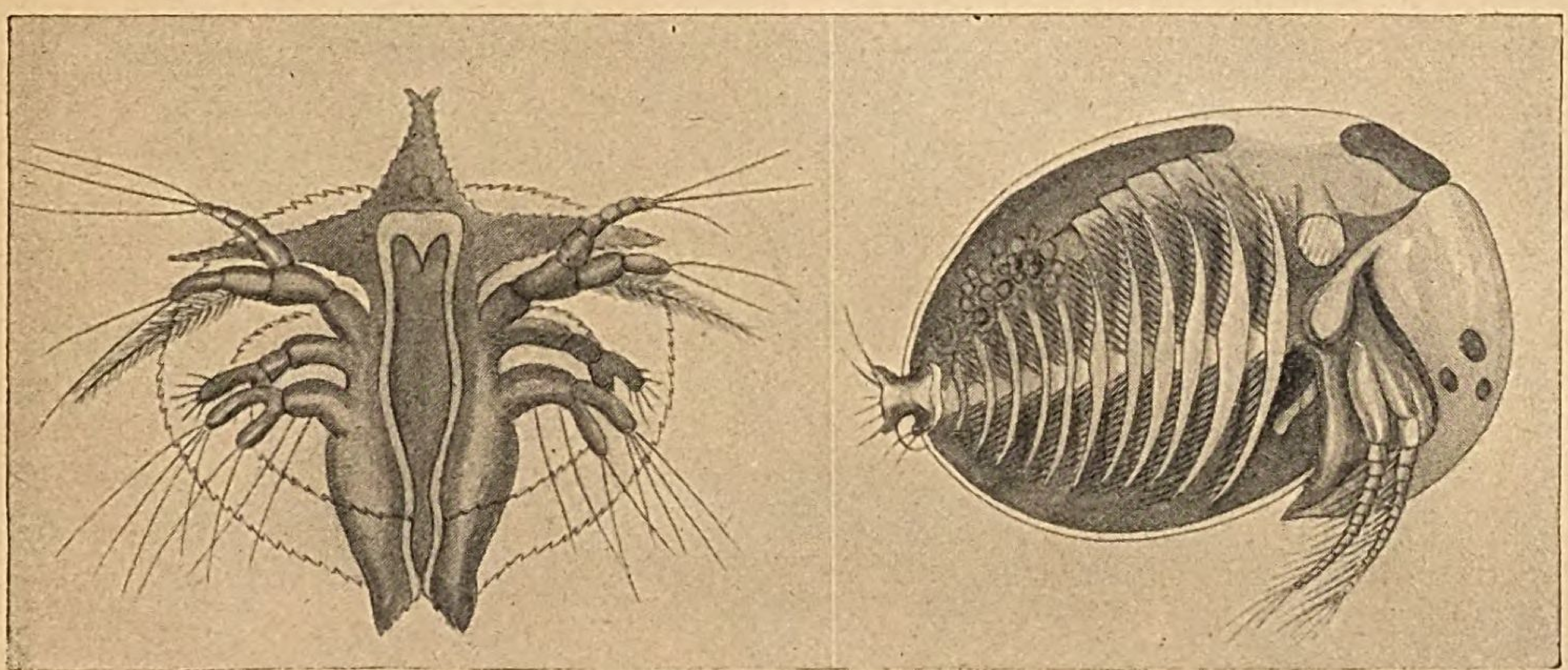
Tribolit.

Alle diese Umbildungen müssen schon in frühester Zeit stattgefunden haben, denn wir finden bereits im oberen Silur die Reste von Skorpionen (vgl. die Abbildung auf S. 581), im mittleren Silur den (ebenda abgebildeten) Flügel eines Insektes, das der deutschen Maulwurfsgrille verwandt gewesen sein mag, im Devon den Tausendfuß, wie ihn unsere Abbildung auf S. 581 unten zeigt; doch sind auch schon im ältesten Silur Reste eines solchen gefunden worden. Was die ältesten Vorfahren der Krebstiere betrifft, so dürfen diese wohl in den Trilobiten des Silur und Devon erkannt werden, die eine gewisse Aehnlichkeit mit der heutigen Gruppe der Blattkiemer haben, aber aus dem Grunde noch nicht näher bestimmt werden konnten, weil bei keinem von den vielen Tausenden bis jetzt untersuchten Exemplaren, die ungefähr 2000 Formen vertreten, die Beine erhalten geblieben sind. Hochinteressant ist bei den Krebstieren, die sich sowohl durch ihren Formenreichtum als auch durch ihre riesige Verbreitung im Süß- und Meerwasser auszeichnen, die Gemeinsamkeit ihrer Keimform, die sich noch in der Gegenwart bei den meisten unmittelbar aus dem Ei entwickelt. Diese gemeinschaftliche Keimform ist der sogenannte Nauplius oder „Urkrebs“, wie Häckel ihn nennt. Derselbe stellt eine sehr einfache, scheinbar ungegliederte Tierform von meist rundlicher, ovaler oder birnförmiger Scheibengestalt dar, an deren Bauchseite sich nur drei Beinpaare vorfinden. Das erste dieser Beinpaare ist ungespalten, die beiden folgenden gabelartig gespalten. Aus den beiden ersten Beinpaaren des Nauplius entwickeln sich die vier Fühlhörner der Krebstiere, das dritte gestaltet sich zum Oberkiefer um. In der Leibeshöhle ist ein einfacher Darmkanal mit Mund- und Afteröffnung ent-



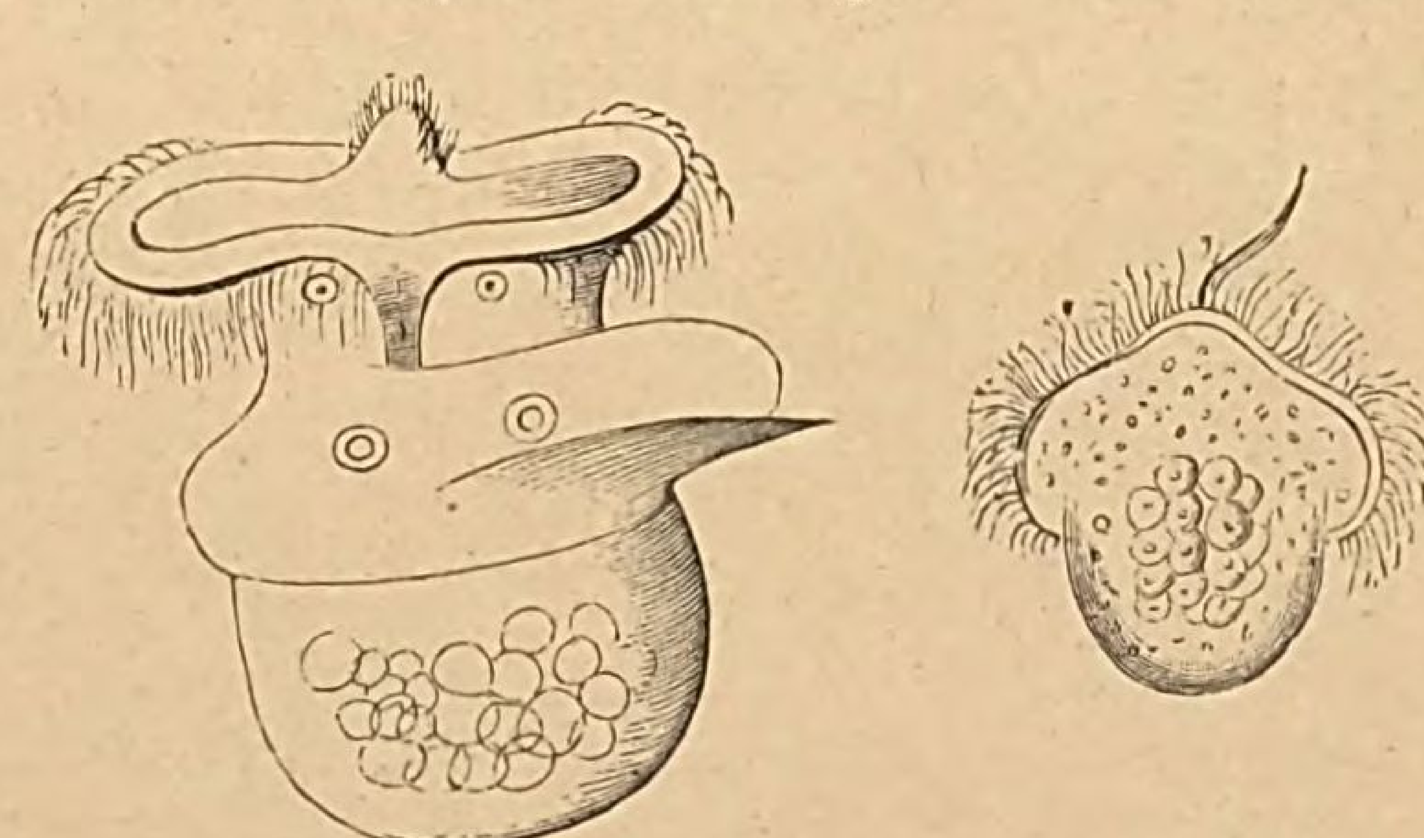
Krabben-Larve.

halten; über dem Munde sitzt vorne ein einfaches, unpaares Auge. Diese Naupliusform ist im Wesentlichen die Jugendform aller Krebstiere, wie sehr sich auch die verschiedenen Ordnungen derselben hinsichtlich ihres Körperbaues, der Zahl und Bildung ihrer Beine 2c. von einander entfernen. Häckel hat, um diese Thatsache zu veranschaulichen, die Vertreter sechs verschiedener Krebsordnungen sowohl in ihrer ausgebildeten als auch in ihrer Jugendform bildlich dargestellt; wir bringen nach seinen Zeichnungen vier derselben, und zwar:



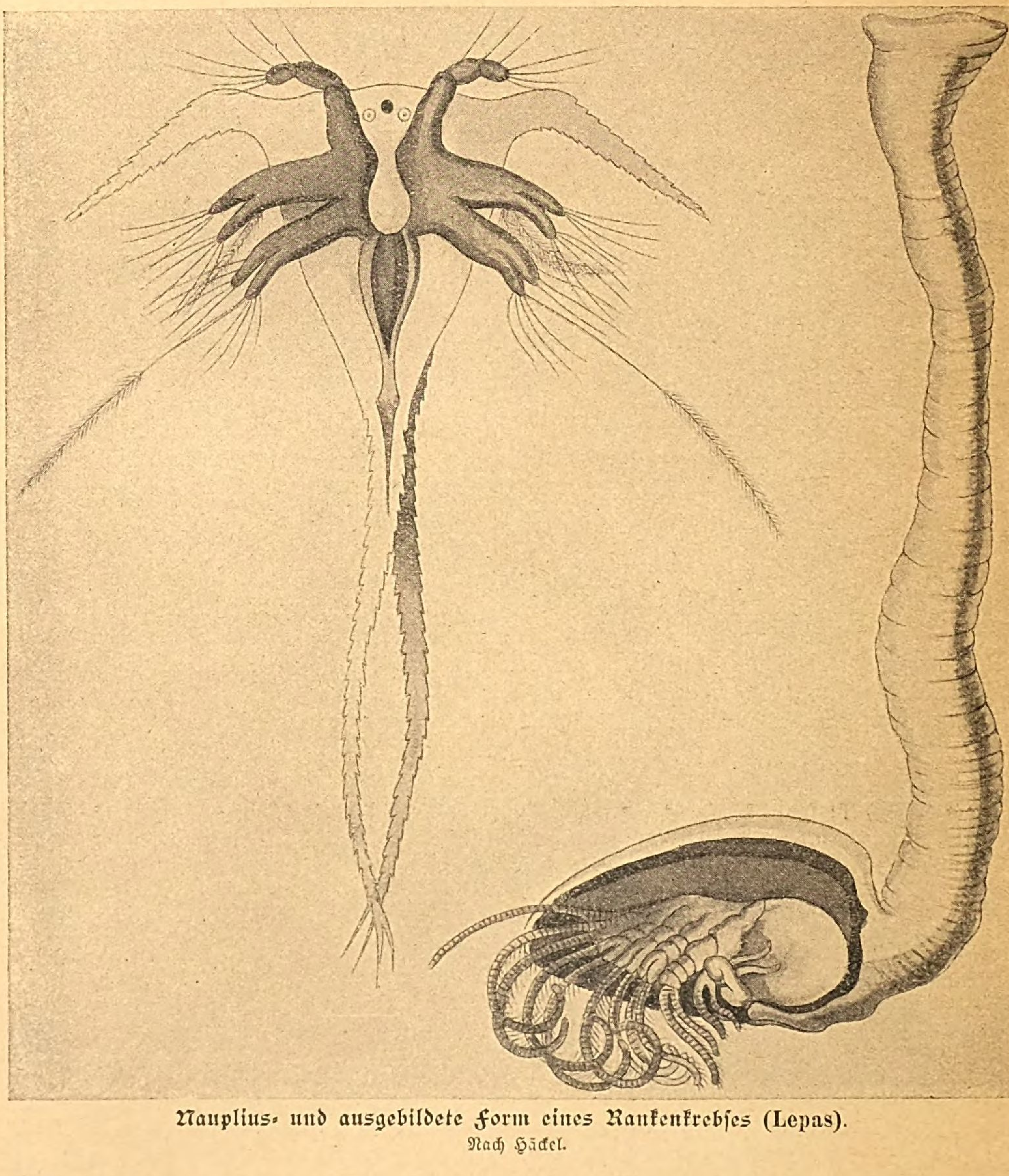
Nauplius- und ausgebildete Form eines Blattfüßers (Limnetis).
(Links die Naupliusform, rechts das ausgebildete Tier.)

einen Blattfüßer, einen Ruderkrebs, einen Rankenkrebs und einen Wurzelkrebs. Die Uebereinstimmung der Nauplius- oder Jugendformen dieser verschiedenen Ordnungen ist in der That so augenfällig, daß wohl mit Sicherheit auf eine gemeinsame Abstammung derselben trotz der so sehr abweichenden Formen der ausgebildeten Tiere geschlossen werden kann. Dieser Ahne des Krebsgeschlechtes dürfte ein vielgliederiges Ringeltier mit zahlreichen Beinpaaren, Bauchmark und Schlundring gewesen sein, eine Zwischenform zwischen Borstenwurm und Trilobit, dessen Larve dem Nauplius in seiner ursprünglichen, einfachsten Form entsprochen haben mag. Da alle Artveränderung auf Anpassung zurückgeführt werden muß, so müssen wir die Anpassungsfähigkeit der so vielgestaltigen Klasse der Krebstiere geradezu bewundernswert finden. Ein kleines Beispiel davon giebt uns die allbekannte Krabbe, deren Larve auf S. 582 abgebildet ist. Die Krabben sind kurzschwänzige Krebse; im Verlaufe ihres Entwickelungslebens gehen sie aber, wie unsere Abbildung zeigt, durch das Stadium der Langschwänzigkeit. Sie stammen von langschwänzigen Krebsen, die des Schwanzes als Schwimmorgan nicht entbehren konnten. Die Lebensbedingungen, welche zur Entstehung der Krabbenform führten, müssen von der Art gewesen sein, daß das Laufen eine zweckmäßigere Art der Fortbewegung war als das Schwimmen. Für erstere bildete aber der lange Schwanz ein Hindernis, und dieser verkümmerte daher durch Anpassung, blieb aber nach dem biogenetischen Grundgesetze in der ontogonetischen (keimgeschichtlichen) Entwickelungsreihe erhalten.



Segellarve einer Herzmuschel (rechts) und einer Seeschnecke (links).

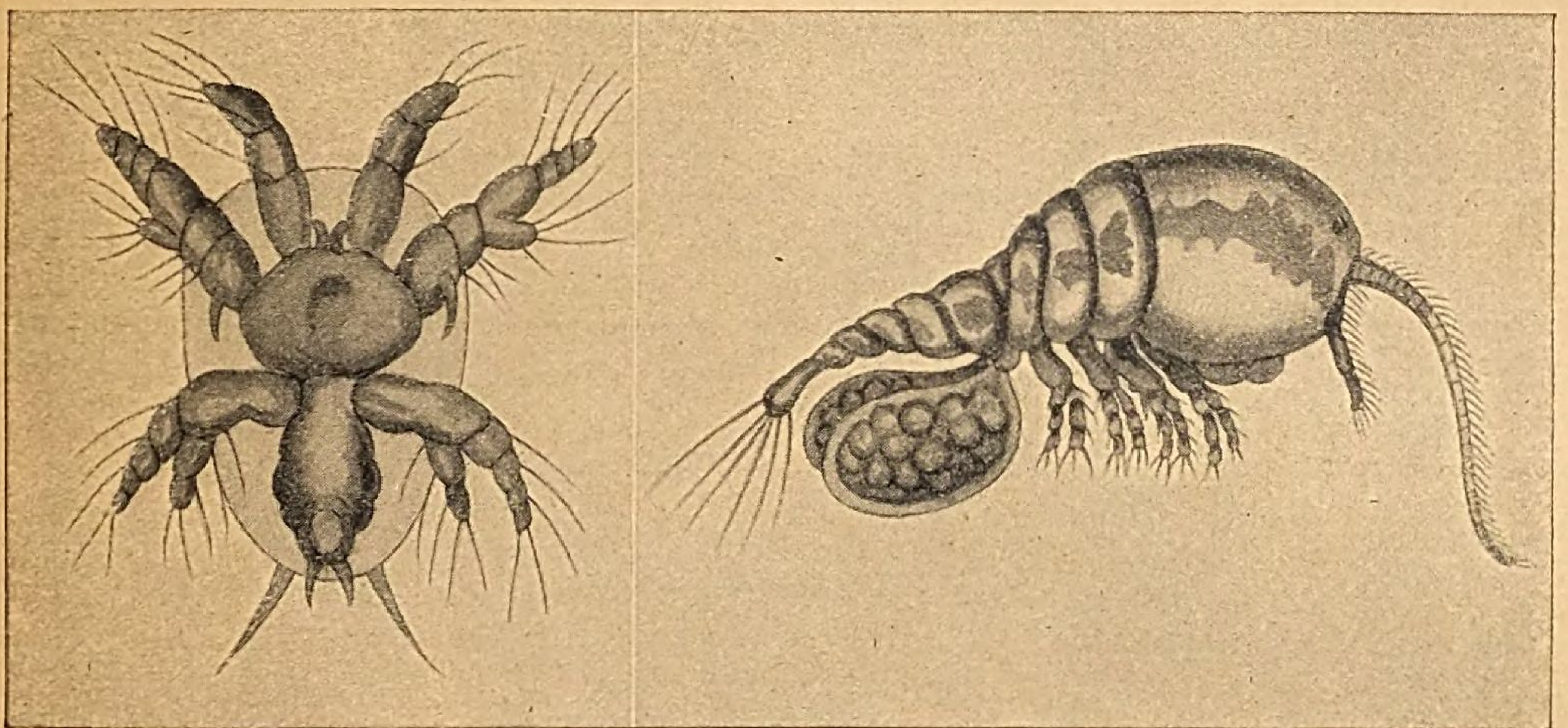
Der Stamm der Weichtiere ist die am tiefsten stehende der von den verschiedenen Aesten der Würmergruppe abgezweigten Formen. Er teilt sich in die Hauptklassen der Schnecken, Muscheln und Kracken (auch Kopffüßer oder Kephalopoden genannt), von denen die ersteren sowohl die Hauptmasse als auch die Stammgruppe der Weichtiere darstellen. Die Muscheln sind nach Häckel aus den Schnecken durch Rückbildung, die Kracken durch Fort-



Nauplius- und ausgebildete Form eines Rankenkrebses (Lepas).
Nach Häckel.

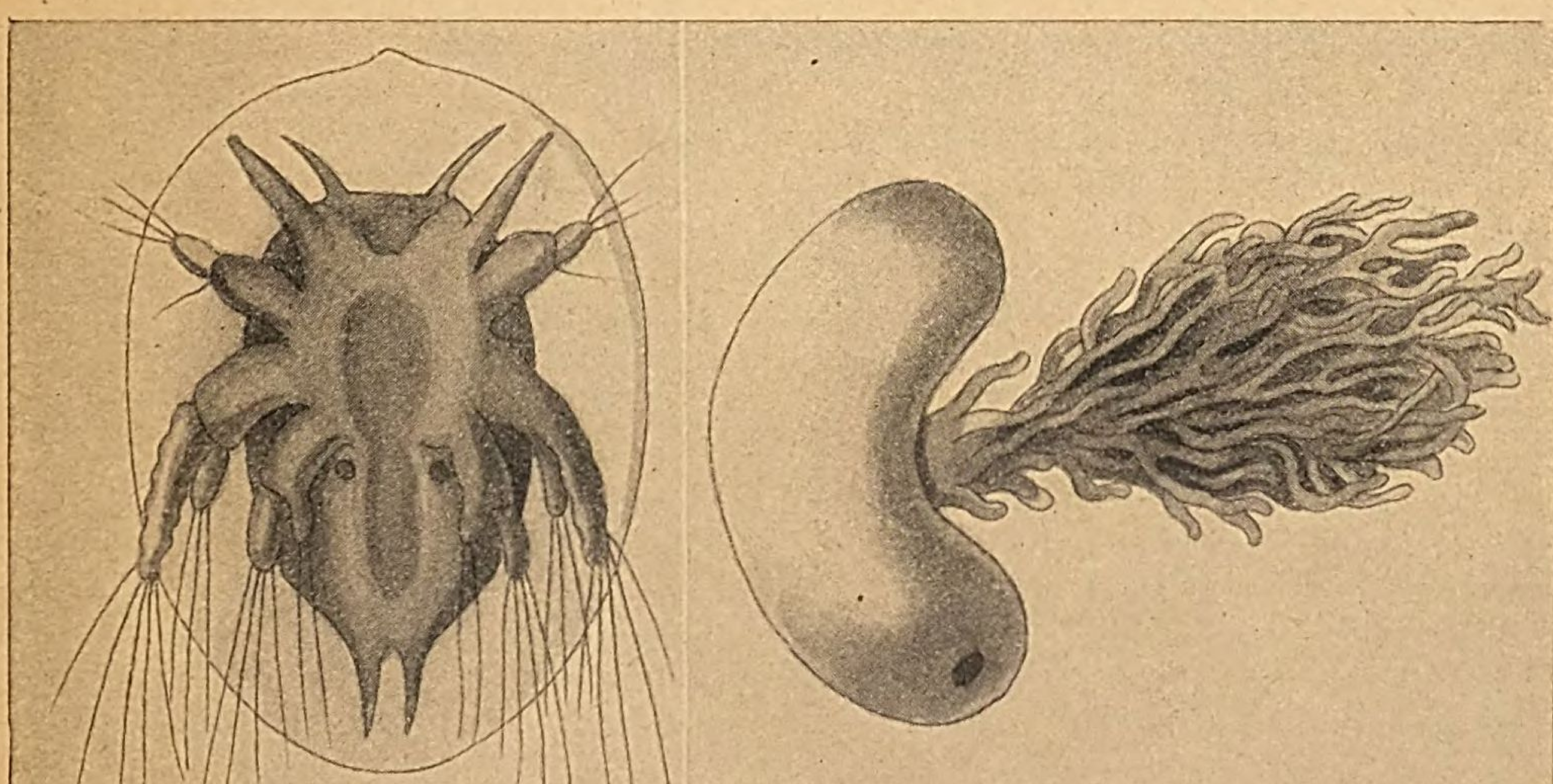
bildung hervorgegangen. Der ungegliederte, sackförmige Körper mit einer zum Kriechfuß ausgebildeten muskulösen Bauchfläche und einem aus der Haut der gewölbten Rückenfläche gebildeten Mantel ist allen Weichtieren gemein; die Grundform des Körpers ist gemäß der Vererbung von den Wurmahnen zweiseitig symmetrisch, durch Anpassung aber vielfach verwischt. Von dem ungegliederten, sackförmigen Körper, in dessen Höhle die inneren

Organe liegen, setzt sich meistens der vorderste Körperteil als Kopf mehr oder minder deutlich ab. Bei den Muscheln ist dieser Kopf rückgebildet, bei den Kracken dagegen groß und sehr hoch entwickelt, bei der Stammform, den Schnecken, mäßig entwickelt und mit



Nauplius- und ausgebildete Form eines Wurzelkrebses (Sacculina).
Nach Häckel.

Augen und Fühlern oder Tentakeln sowie einem Munde mit Kiefer, Gebiß und Zunge mit vielzähniger Reibeplatte versehen. Die große Mehrzahl der Weichtiere sondert aus dem Mantel eine kalkhaltige Körperhülle in Gestalt von Schalen oder Gehäusen ab. Der ganze Weichtierstamm hat schon in der älteren Primordialzeit eine hohe Stufe seiner Entwickelung erreicht. Alle drei Hauptklassen desselben finden sich bereits in den silurischen



Nauplius- und ausgebildete Form eines Ruderkrebses (Cyclops).
Nach Häckel.

Schichten als Versteinerungen vor. Zu jener Zeit standen die Glieder- und Wirbeltiere noch am Anfange ihrer Entwickelung; in den folgenden Zeitaltern aber, namentlich in der Sekundärzeit, breiteten sich diese höheren, gegliederten Tierstämme immer mehr auf Kosten der Weichtiere und Würmer aus, und in der Gegenwart ist der verhältnismäßig schwache Rest derselben auf das Meerleben, eine kleine Minderzahl auf das Süßwasserleben beschränkt. Vom ganzen Weichtierstamme sind auf dem trockenen Lande nur die Lungenschnecken vertreten.

Muscheln und Schnecken haben eine gemeinschaftliche Larvenform, die sogenannte Segellarve, die auf S. 583 unten in zwei Formen, derjenigen der Herzmuschel und der der Seeschnecke abgebildet ist. Wenn auch die Larven verschiedene Gestalt zeigen, so sind ihnen doch die gewimperten Segelorgane gemeinsam. Eine allgemeine entwickelungsgeschichtliche Bedeutung haben die Weichtiere nicht, und wir schließen daher unsere Betrachtung der wirbellosen Tiere hier ab, um zu dem für uns wichtigsten Kreise des Tierreiches, den Wirbeltieren überzugehen.

Drittes Kapitel.

Die Wirbeltiere.

Während uns die wirbellosen Tiere der Vorwelt nur in ihren Schalen oder Gerüsten, in Abdrücken oder Abgüssen ihrer Körperformen (oder einzelner Körperteile) Spuren ihres Daseins hinterlassen haben, bieten die Wirbeltiere in ihren Skeletten oder Skelett-Teilen ein weit wertvolleres Material für die Erkenntnis ihres Wesens, weil das Organsystem, dem diese Ueberreste angehören, einen viel tieferen Einblick in die Natur des ganzen Organismus und dessen verwandtschaftlichen Zusammenhang mit anderen Arten oder Gruppen von solchen gewährt, als die oben erwähnten Ueberreste von Wirbellosen. Glücklicherweise sind, wie Häckel hervorhebt, die Schöpfungs-Urkunden, welche uns bei der Aufstellung der Stammbäume immer leiten müssen, gerade für diesen wichtigen Tierstamm, aus dem unser eigenes Geschlecht entsprossen ist, besonders vollständig. Durch Cuvier ist, so schreibt der Genannte, schon im Anfange unseres Jahrhunderts die vergleichende Anatomie und Paläontologie, durch Baer die Keimes-Geschichte der Wirbeltiere zu einer sehr hohen Ausbildung gelangt. Späterhin haben vorzüglich die vergleichend-anatomischen Untersuchungen von Johannes Müller und Rathke, und in neuester Zeit diejenigen von Huxley und Gegenbaur, unsere Erkenntnis von den natürlichen Verwandtschafts-Verhältnissen der verschiedenen Wirbeltiergruppen bedeutend gefördert. Insbesondere haben die klassischen Arbeiten von Gegenbaur, welche überall von dem Grundgedanken der Descendenz-Theorie durchdrungen sind, den Beweis geführt, daß das vergleichend-anatomische Material, wie bei allen übrigen Tieren, so ganz besonders im Wirbeltierstamm, erst durch die Anwendung der Abstammungs-Lehre seine wahre Bedeutung und Geltung erhalten hat.

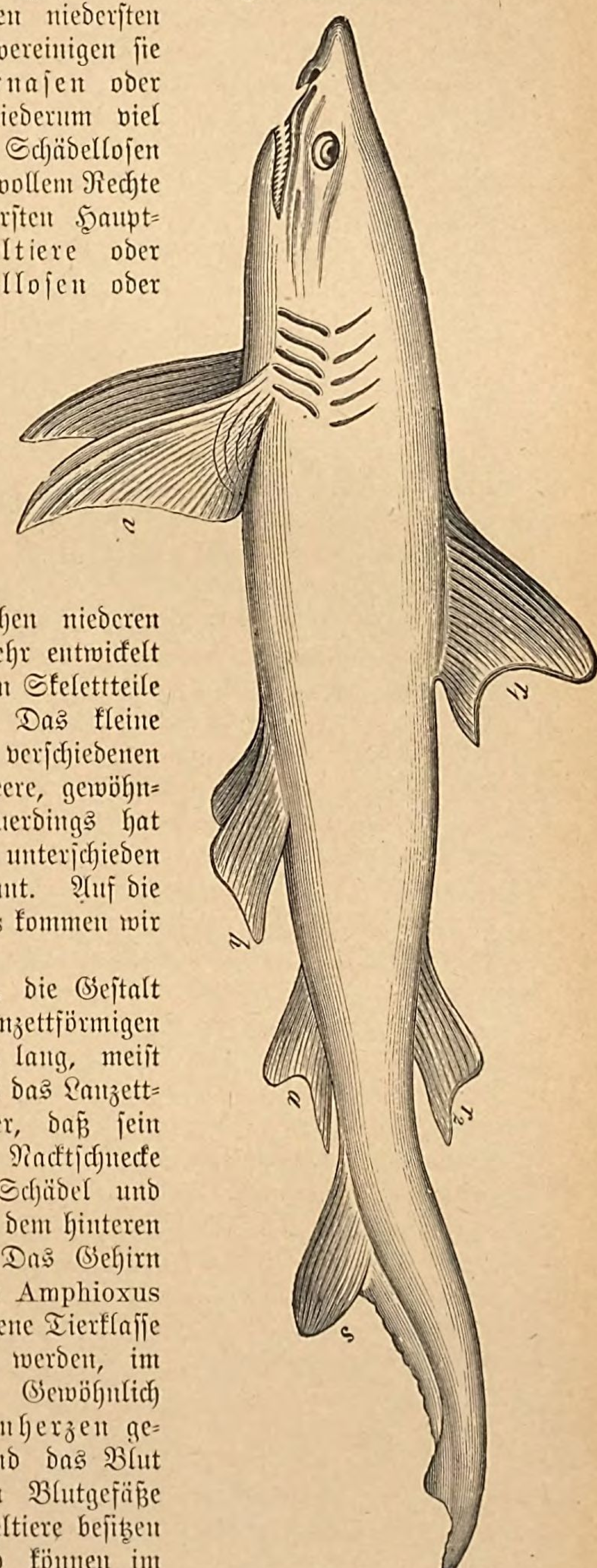
Der Stamm der Wirbeltiere zerfällt in die zwei Hauptgruppen der Kiemenwirbeltiere, die zeitlebens oder wenigstens im Jugendzustande durch Kieme atmen, und der Lungenwirbeltiere, denen die Lungenatmung bereits angeboren ist.

Die niedrigste Klasse der erstgenannten Gruppe bilden nach Häckel, dem wir im Nachstehenden folgen, die Schädellosen oder Rohrherzen, von denen heutzutage nur noch ein einziger Repräsentant lebt, das merkwürdige Lanzetttierchen. Als zweite Klasse schließen sich an diese zunächst die Unpaarnasen oder Rundmäuler an, zu denen die Inger und die Lampreten gehören. Die dritte Klasse bilden die echten Fische und an diese schließen sich als vierte Klasse die Lurchfische an, als Uebergangsform von den Fischen zu den Amphibien. In entwickelungsgeschichtlichem Sinne bilden die drei höchsten Klassen, die Säugetiere, Vögel und Schleicher (Reptilien) eine natürliche Hauptklasse

unter dem Namen der Amniontiere oder Amnioten. Diesen stellen sich naturgemäß als eine zweite Hauptklasse die Amnionlosen oder Fischtiere gegenüber, nämlich die drei Klassen der Lurche, Lurchfische und Fische. Die genannten sechs Klassen, sowohl die Fischtiere als die Amniontiere, stimmen unter sich in zahlreichen wichtigen Merkmalen überein, und unterscheiden sich dadurch von den beiden niedersten Klassen (den Unpaarnasen und Rohrherzen). Wir vereinigen sie daher in der natürlichen Hauptgruppe der Paarnasen oder Kiefermäuler. Endlich sind diese Paarnasen wiederum viel näher den Rundmäulern oder Unpaarnasen, als den Schädellosen oder Rohrherzen verwandt. Wir können daher mit vollem Rechte die Paarnasen mit den Unpaarnasen in einer obersten Hauptgruppe zusammenfassen und diese als Schädeltiere oder Centralherzen der einzigen Klasse der Schädellosen oder Rohrherzen gegenüberstellen.

Auf der niedrigsten Organisationsstufe von allen uns bekannten Wirbeltieren steht der einzige noch lebende Vertreter der ersten Klasse, der Lanzelot oder das Lanzetttierchen (Amphioxus). Dieses höchst interessante und wichtige Tierchen, welches über die älteren Wurzeln unseres Stammbaumes ein überraschendes Licht verbreitete, ist offenbar, wie Häckel sich ausdrückt, „der letzte Mohikaner“, der letzte überlebende Repräsentant einer formreichen niederen Wirbeltierklasse, welche während der Primordialzeit sehr entwickelt war, uns aber leider wegen des Mangels aller festen Skeletteile gar keine versteinerten Reste hinterlassen konnte. Das kleine Lanzettfischchen lebt heute noch weit verbreitet in verschiedenen Meeren, z. B. in der Ostsee, Nordsee, im Mittelmeere, gewöhnlich auf flachem Grunde im Sand vergraben. Neuerdings hat man mehrere ausländische Arten von Amphioxus unterschieden und einige Formen als besondere Gattungen abgetrennt. Auf die entwickelungsgeschichtliche Bedeutung des Amphioxus kommen wir im nächsten Kapitel zurück.

Der Körper besitzt, wie schon der Name sagt, die Gestalt eines schmalen, an beiden Enden zugespitzten, lanzettförmigen Blattes. Erwachsen ist das Tier etwa zwei Zoll lang, meist rötlich schimmernd, halb durchsichtig. Aeußerlich hat das Lanzetttierchen so wenig Aehnlichkeit mit einem Wirbeltier, daß sein erster Entdecker, Pallas, es für eine unvollkommene Nacktschnecke hielt. Beine besitzt es nicht, und ebenso wenig Schädel und Gehirn. Das vordere Körperende ist äußerlich von dem hinteren fast nur durch die Mundöffnung zu unterscheiden. Das Gehirn und der dieses umschließende Schädel kommen beim Amphioxus gar nicht zur Entwickelung und die durch ihn vertretene Tierklasse kann daher mit Recht als schädellos bezeichnet werden, im Gegensatze zu allen übrigen, den Schädeltieren. Gewöhnlich werden die Schädellosen Rohrherzen oder Röhrenherzen genannt, weil ein centralisiertes Herz noch fehlt, und das Blut durch die Zusammenziehungen der röhrenförmigen Blutgefäße selbst im Körper umhergetrieben wird. Die Schädeltiere besitzen dagegen ein centralisiertes, beutelförmiges Herz und können im Gegensatz zu jenen auch als Beutelherzen bezeichnet werden.



Menschenhai.

Offenbar haben sich während der Primordialzeit die echten Wirbeltiere aus wurmartigen Chordatieren fortschreitend entwickelt, aus welchen nach einer anderen, rückschreitenden Richtung hin die entarteten Manteltiere hervorgingen.

Die nächsten Stammverwandten der Schädellosen, die Inger oder Schleimfische, leben im Meere schmarotzend auf Fischen, in deren Haut sie sich einbohren. Im Gehörorgan besitzen sie nur einen Rinnkanal, und ihr unpaares Nasenrohr durchbohrt den Gaumen. Höher entwickelt ist die zweite Unterklasse, die Lampreten oder Pricken, zu denen auch die allbekannten Flußpricken oder Neunaugen unserer Flüsse gehören. Bei diesen Unpaarnasen durchbohrt das Nasenrohr den Gaumen nicht, und im Gehörorgan finden sich zwei Rinnkanäle. Auch besitzen sie einen runden Saugmund mit Hornzähnen, durch den sie sich, Blutegeln ähnlich, an Fischen festsaugen. Die parasitische Lebensweise dieser Rundmäuler oder Cyclostomen ist offenbar die Ursache mancher Rückbildung in ihrer Organisation; allein die meisten Unterschiede derselben von den Fischen sind als ursprüngliche, von einer älteren Stammgruppe ererbte aufzufassen.

Alle Wirbeltiere, welche jetzt noch leben, mit Ausnahme der eben betrachteten Rundmäuler und des Amphioxus, gehören zu der Hauptgruppe der Paarnasen oder Kiefermäuler. Alle diese Tiere besitzen eine aus zwei paarigen Seitenhälften bestehende Nase, ein Kieferskelett, ein sympathisches Nervensystem mit drei Rinnkanälen im Gehörorgan. Alle Paarnasen besitzen ferner ursprünglich eine blasenförmige Ausstülpung des Schlundes, welche sich bei den Fischen zur Schwimmblase, bei den übrigen Kiefermäulern zur Lunge entwickelt hat. Endlich ist ursprünglich bei allen Paarnasen die Anlage von zwei Paar Extremitäten oder Gliedmaßen vorhanden, ein Paar Vorderbeine oder Brustflossen und ein Paar Hinterbeine oder Bauchflossen. Allerdings ist bisweilen das eine Beinpaar (z. B. bei den Aalen und Walfischen) oder es sind beide Beinpaare (z. B. bei den Schlangen) verkümmert oder verloren gegangen; aber selbst in diesen Fällen ist wenigstens die Spur ihrer ursprünglichen Anlage in früher Embryonalzeit zu finden, oder es bleiben unnütze Reste derselben als rudimentäre Organe durch das ganze Leben bestehen.

Aus allen diesen wichtigen Anzeichen können wir mit voller Sicherheit schließen, daß sämtliche Kiefermäuler aus einer einzigen gemeinschaftlichen Stammform hervorgegangen sind, welche während der Primordialzeit direkt oder indirekt sich aus älteren Rundmäulern entwickelt hatte. Diese Stammform muß die eben angeführten Organe, namentlich auch die Anlage zur Schwimmblase und zu zwei Beinpaaren oder Flossenpaaren besessen haben. Von allen jetzt lebenden Kiefermäulern besitzen offenbar die niedersten Formen der Haifische die nächste Verwandtschaft mit jener Stammgruppe, welche wir als Stammpaarnasen oder Stammfische bezeichnen können. Wir dürfen daher die Gruppe der Urfische oder Selachier, in deren Rahmen diese „Proselachier" hineingepaßt haben, als die Stammgruppe nicht allein für die Fischklasse, sondern für die ganze Hauptklasse der Paarnasen betrachten.

Die Selachier oder Urfische sind die erste und älteste Gruppe der Fischklasse, zu der von den Fischen der Gegenwart als bekannteste die formreichen Ordnungen der Haifische und Rochen zählen. An diese schließt sich die nur noch in wenigen lebenden Vertretern (z. B. dem Stör und Knochenhecht) vorhandene Unterklasse der Schmelzfische oder Ganoiden an. Endlich folgt als dritte und jüngste Unterklasse diejenige der Knochenfische oder Teleostier, der fast alle Flußfische der Gegenwart und überhaupt die Mehrzahl aller lebenden Fische angehören. Aus den älteren Ganoiden ist als Seitenzweig die Gruppe der Dipneusten hervorgegangen.

Dieses interessante Mittelglied zwischen den echten Fischen und den Amphibien ist in der Tierwelt der Gegenwart nur noch durch wenige Arten vertreten, die auf Afrika, Amerika und Australien beschränkt sind. Der amerikanische Molchfisch belebt die Gewässer im Gebiete des Amazonenstromes, der afrikanische kommt in verschiedenen Gegenden dieses Erdteiles vor; der australische (Ceratodus Forsteri) wurde 1870 entdeckt und findet sich nur noch in wenigen Flüssen der Ostküste. Er besitzt eine einfache unpaare Lunge, während seine Stammgenossen in Afrika und Amerika ein Lungenpaar haben; auch

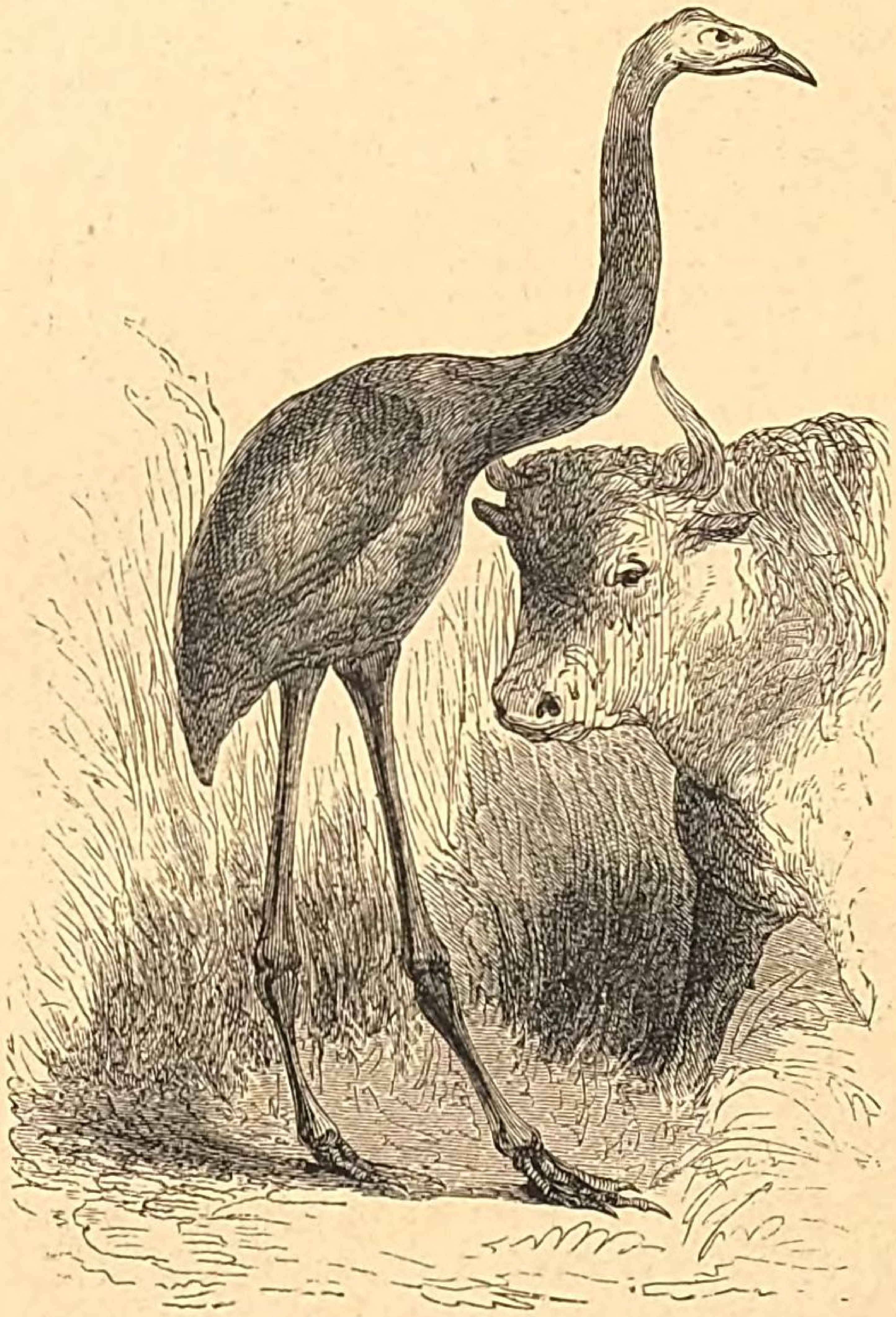
sein Flossenskelett ist von so rückständiger Bildung, daß man auch diesen Molchfisch zu den „lebenden Fossilien" zählen kann, deren Australien so zahlreiche aufweist. Wir kommen auf dieses interessante Tier weiter unten noch zurück.

Während die niederen bisher betrachteten Wirbeltiere nur durch Kiemen atmen und sich durch Flossen fortbewegen, besitzen die höheren Lungen zur Luftatmung, leben größtenteils auf dem Lande und haben zwei Paar fünfzehige Gliedmaßen. Der fünfzehige Amphibienfuß hat sich aus der vielzehigen Flosse der Dipneusten und Fische entwickelt; in den Amphibien haben wir die gemeinsame Stammklasse aller höheren Wirbeltiere zu erblicken; sie unterscheiden sich jedoch von diesen — den Reptilien, Vögeln und Säugetieren — dadurch, daß ihre Embryonen kein Amnion (vgl. S. 478) entwickeln, was bei den letzteren der Fall ist. Die ältesten Amphibien waren die Panzerlurche der Steinkohlenzeit; neben ihnen entstanden, wahrscheinlich schon in der Primärzeit, die Nacktlurche, die sich in geschwänzte und schwanzlose teilen. Von den Schwanzlurchen sind die Kiemenlurche die älteste und niedrigste Form, aus denen sich durch Verlust der äußeren Kiemen die Ordnung der Derotremen entwickelt hat; als Vertreter dieser Ordnung nennen wir den Riesensalamander von Japan, der das größte der lebenden Amphibien ist. Die Froschlurche verlieren, wenn sie ihre Jugendform ablegen, nicht nur die Kiemen, sondern auch den Schwanz, eine Wandlung, die wir an den Kaulquappen in jedem Frühjahr beobachten können. Ursache dieser wie aller anderen Wandlungsvorgänge in der organischen Welt ist die Anpassung, in diesem Falle diejenige an das Landleben, bezw. die Fortpflanzung auf dem Lande. Auf dieselbe Ursache führt Häckel auch die Anlage des Amnions zurück, dieser umfangreichen mit Flüssigkeit gefüllten Hülle, die dem auf dem Lande gelegten Ei einen Schutz bietet, dessen die im Wasser gelegten Eier der niedrigeren Tiere nicht bedurften. Auch für die für das Landleben nicht mehr erforderlichen Kiemen schuf die Natur durch Anpassung einen Ersatz in der Allantois, die während des embryonalen Zustandes die Atmung vermittelt.

Als unterste Klasse der Amnioten sind die Reptilien zu betrachten. Die ältesten Ueberreste von solchen finden sich in der Primärzeit und zwar in der Reptilienlegion der Theromoren. Alle übrigen bis jetzt bekannt gewordenen Versteinerungen von Amniontieren gehören der Sekundär-, Tertiär- und Quartärzeit an. Die Nachkommenschaft dieser vorweltlichen Reptilien spaltete sich schon frühzeitig in zwei verschiedene Linien, deren einer die Vögel, der anderen die Säugetiere entsprossen sind. Sondergruppen bilden die Schildkröten sowie die Seedrachen, die in zahlreichen Formen die mesozoischen Meere vom Beginn der Trias- bis zum Ende der Kreidezeit bevölkerten. In der Tertiärzeit entwickelte sich die Legion der Schuppeneidechsen zur formenreichsten Gruppe; während der Kreidezeit spalteten sich diese in drei auseinandergehende Ordnungen, nämlich in diejenigen der Haupteidechsen, Schlangen und Seeschlangen. Alle diese Reptilien waren gleich den Amphibien kaltblütig, dagegen glaubt Häckel, daß die Flugdrachen und die landbewohnenden Dinosaurier infolge ihrer Lebensweise und des Luftgehaltes ihrer hohlen Knochen warmblütig gewesen seien.

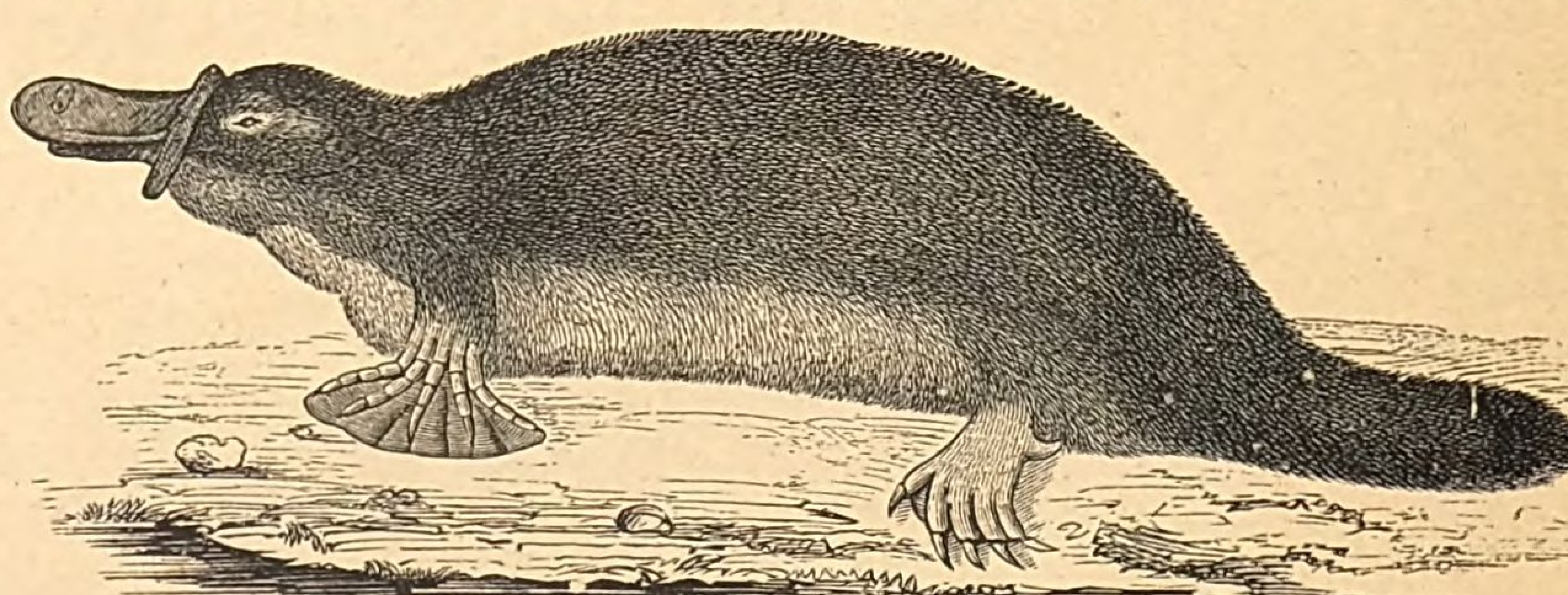
Aus einem Zweige der Flugsaurier hat sich die Klasse der Vögel entwickelt. Die Embryonen der Vögel sind, wie Häckel hervorhebt, zu einer Zeit, in der sie bereits wesentlich von denjenigen der Säugetiere verschieden erscheinen, noch kaum von denen der Schildkröten und anderer Reptilien zu unterscheiden, ein beredter Hinweis auf ihre Abstammung. Wahrscheinlich fand die Abzweigung der Vögel von den Reptilien während der Trias statt. Die ältesten Vogelreste (jene der Archäopteryx), die bis jetzt entdeckt wurden, gehören zwar der jüngeren Juraperiode an, doch ist die Verwandtschaft der als Stammklasse der Vögel hypothetisch aufgestellten Tocornithen mit den Dinosauriern der Triaszeit, die in mehrfacher Hinsicht den Uebergang zu diesen zu bilden scheinen, eine so nahe, daß das Vorhandensein der Vögel schon in dieser früheren Periode angenommen werden kann. Von den Urvögeln ist bis jetzt nur die einzige Art der Archäopteryx bekannt; eine zweite Ordnung ist die der Zahnvögel, die bereits den kurzen Fächerschwanz der gewöhnlichen Kielvögel

besaßen, deren Schnabel aber noch gezähnt war. Eine dritte Ordnung ist die der gegenwärtig noch durch wenige Arten vertretenen Strauß- oder Laufvögel, der auch die ausgestorbenen Riesenvögel von Madagaskar und Neu-Seeland angehört haben. Alle jetzt lebenden Vögel, mit Ausnahme der Ueberreste der Straußvögel, gehören der Ordnung der Kielvögel an, von denen aus der Kreidezeit nur sehr wenige Reste, den Gattungen der Schwimm- und Stelzvögel angehörig, vorhanden sind, während alle übrigen bis jetzt bekannten versteinerten Vogelreste in die Tertiärzeit fallen.



Moa (Dinornis).
(Um die Größe dieses Vogels anschaulicher zu machen, hat der Zeichner die Figur eines Rindes daneben gestellt.)

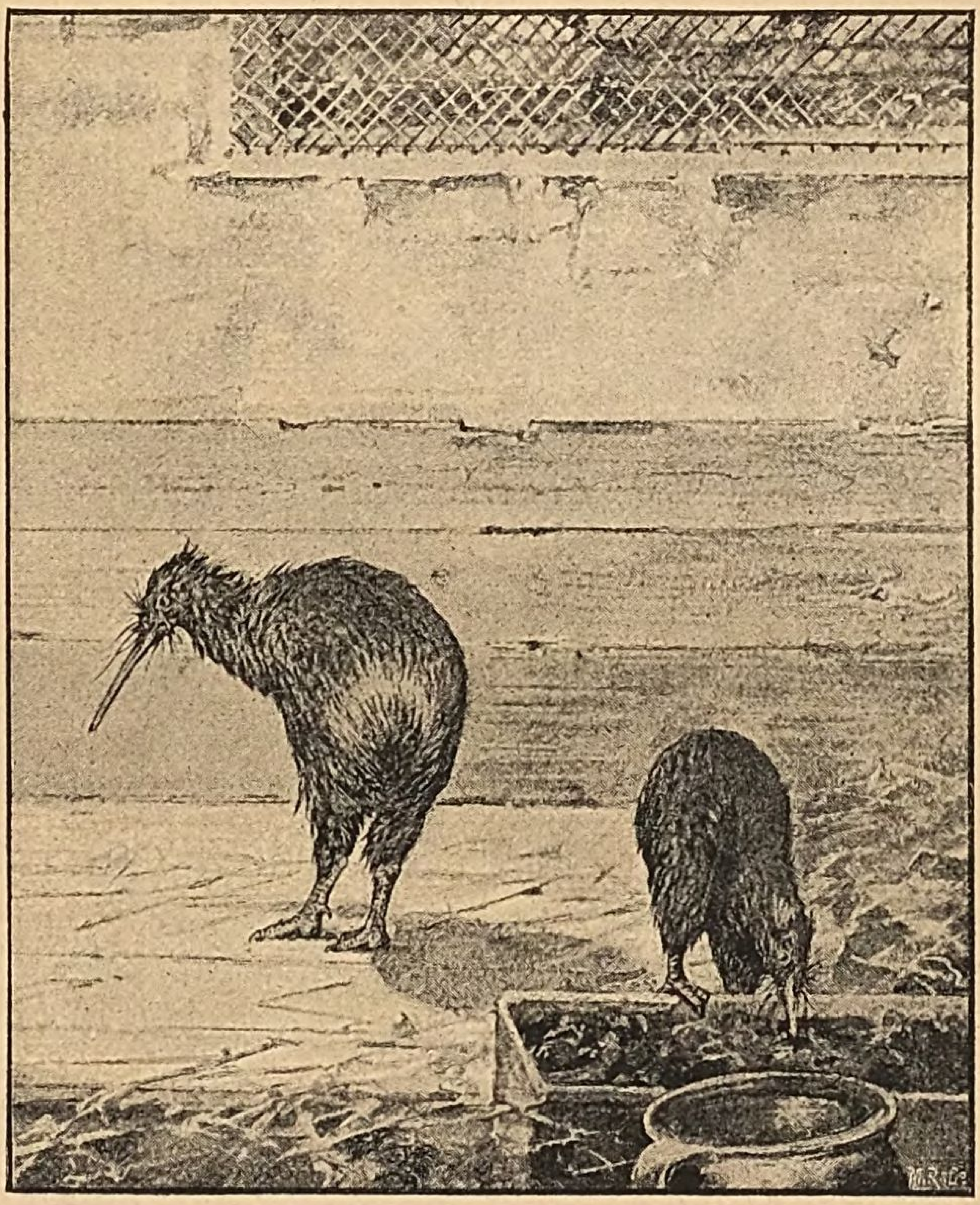
Obgleich die Vogelwelt älter, d. h. der Vollendung ihrer Entwickelung früher entgegengereift ist als diejenige der Säugetiere, so haben sich doch altertümliche Reste derselben bis in das jüngste geologische Zeitalter und sogar bis nahe an die Gegenwart heran erhalten, während dies bei der Klasse der Säugetiere in verhältnismäßig weit geringerem Maße der Fall ist. Den Untergang brachte ihnen nicht eine Verschlechterung der natürlichen Lebensbedingungen, gegen die sie nicht mit genügenden Kampfmitteln oder genügender Anpassungsfähigkeit ausgerüstet waren, sondern die Ausbreitung der Kultur, die sich immer neue Gebiete eroberte, um sich darin auf Kosten der von früher her noch vorhandenen Naturwesen festzusetzen. Solche ausgestorbene oder richtiger gesagt durch den Menschen ausgerottete Vogelarten sind der Riesenalk*), dessen letzte Exemplare um die Mitte der vierziger Jahre unseres Jahrhunderts bei Island erlegt worden sein sollen; ferner die taubenähnliche Dronte, die auf der Insel Mauritius



Wasserschnabeltier.

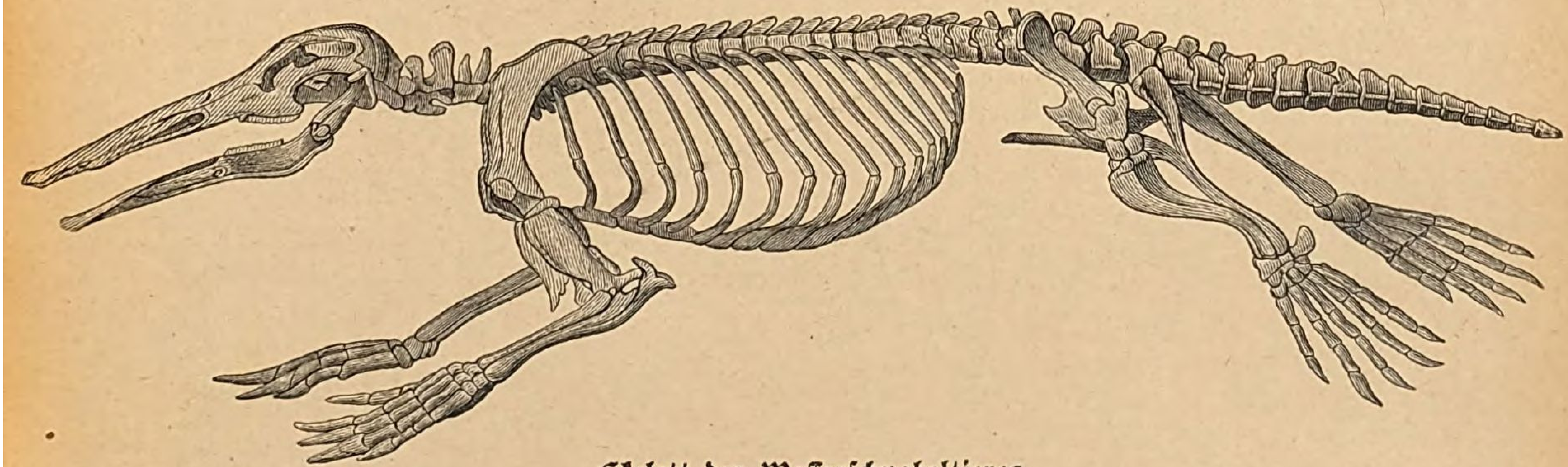
*) Der englische Prof. Newton glaubt, daß der Riesenalk auf den Orkney-Inseln noch eine letzte Zufluchtsstätte habe, wo er in einer sehr geringen Zahl von Exemplaren noch sein Dasein fristet. Als Beweis dafür wird die Thatsache angeführt, daß noch vor wenigen Jahren zwei Bälge von Riesenalken eingebracht worden sind.

gelebt hat und noch im 17. Jahrhundert mehrfach nach Europa gebracht worden ist, gegen Ende desselben Jahrhunderts aber vollständig ausgerottet war, ebenso das auf den Maskarenen-Inseln heimische Rothuhn und eine Starenart von der Insel Réunion, die seit 1858 nicht mehr lebend gesehen worden ist. Auf der Insel Madagaskar lebte ein 3 m hoher, straußenähnlicher Riesenvogel, dessen Vernichtung wohl auch erst in sehr junger Zeit durch den Menschen herbeigeführt worden ist, der Aepyornis ingens, dessen Eier diejenigen des Straußen um das Dreifache ihrer Größe übertreffen. Ein ähnlicher Vogel, der Dinornis oder Moa, dessen Gestalt die Abbildung auf S. 590 zeigt, hat noch im vorigen Jahrhundert Neu-Seeland in großen Mengen bevölkert, wurde aber seither von den Eingeborenen vollständig ausgerottet. Unter den aufgefundenen Skeletten waren solche bis zu $3^1/_2$ m Höhe, und es läßt sich daraus folgern, daß dieser Vogel den Neu-Seeländern eine sehr ausgiebige Nahrungsquelle geboten hat, deren Verlust — nach Ferdinand von Hochstetter — die Ursache gewesen sein soll, daß die Maori (die Eingeborenen jener Insel) dem Kannibalismus verfallen sind.



Der Schnepfenstrauß (Kiwi).

Auch der auf Neu-Seeland heimische Kiwi oder Schnepfenstrauß ist ein auf dem Aussterbeetat befindlicher Vogel, dessen völlige Vernichtung vielleicht nur durch den Umstand hinausgeschoben worden ist, daß dieser kleine Vogel eine weit weniger begehrenswerte Jagdbeute darstellt, als der riesige Moa, und daß er nur des Nachts seine Verstecke verläßt. Diese Lebensweise der Kiwis hängt aber nach L. Heck mit der ganz eigentümlich ab-



Skelett des Wasserschnabeltieres.

weichenden Schnabelbildung dieser Vögel zusammen. „Während die Moas“ — so schreibt der genannte Zoologe — „einen kurzen Schnabel (vielleicht am besten zu vergleichen dem des Kasuars) hatten, ist der Kiwi mit einem langen, sanft gebogenen Schnabel, ähnlich dem der Schnepfen und Brachläufer, ausgestattet, der auch in ganz ähnlicher Weise zum Nahrungserwerb benutzt wird. Der Vogel „sticht“ damit, wie unsere Schnepfe, im feuchten Waldboden nach Würmern und Insekten, wie das an unserem Gefangenen (d. h. an den im Berliner Zoologischen Garten befindlichen, auf S. 591 abgebildeten Exemplaren) sehr schön zu beobachten ist und beim mondartigen Schein einer abgeblendeten Wandlaterne von den hiesigen Vogelfreunden auch eifrig beobachtet wird. Mit einem oder mehreren kräftigen Rucken stößt unser Kiwi seinen langen Schnabel fast bis ans Heft in die mit schwarzer Gartenerde gefüllten Töpfe ein, die die für ihn bestimmten Regenwürmer enthalten, und mit erstaunlicher Sicherheit zieht er auch fast jedesmal einen Wurm hervor — ganz vorsichtig, daß er nicht abreißt. Ich glaube, daß der Vogel sich dabei durch einen feinen Geruch leiten läßt; anders wüßte ich mir wenigstens die auffallende, unter allen Vögeln ganz einzige Lage der Nasenlöcher, ganz vorn an der Spitze des langen Schnabels, nicht zu erklären.

Auch die übrigen Körperverhältnisse des Vogels sind merkwürdig genug. Zunächst das sozusagen zottig-borstige Federkleid, das nicht, wie bei den höher entwickelten „modernen“ Vögeln, in einen weichen Unterflaum und harte, obere Konturfedern zerfällt, sondern gewissermaßen beide Federarten an dem unteren und oberen Teile derselben Feder aufeinander folgend und vereinigt zeigt (eine sehr bezeichnende Einzelheit und ein sehr schönes Beispiel für den altertümlichen Charakter der neuseeländischen, wie der australischen Tierwelt überhaupt). Dieses abweichende Federkleid macht im ersten Augenblick fast die ganze Vogelnatur des Kiwis zweifelhaft, zumal von Flügeln keine Spur zu sehen ist. Solche kommen an dem Tier in der That niemals zum Vorschein, man muß sie mit der Hand zwischen dem langen, dichten „Federfell“ suchen: zwei ganz rückgebildete Anhänge, die so klein sind, daß sie auch für die geringfügigste Nebenleistung bei der Ortsbewegung, etwa zum Balancieren, nicht ausreichen. Desto kräftiger und stämmiger sind die Beine, auf die der Vogel ja auch ganz allein angewiesen ist; sie fallen auf durch die Dicke und Derbheit und tragen wohl durch ihr Knochengerüst nicht unwesentlich bei zu dem für einen Vogel erstaunlichen Körpergewicht des Kiwis. Wiederum ein interessanter Zusammenhang mit der Flugunfähigkeit, ebenso wie das rundliche, jeden Knochenkammes zum Ansatz von Flugmuskeln entbehrende Brustbein, das alle nicht fliegenden Vögel kennzeichnet!“

Die Kiwis und Moas wurden ursprünglich der großen Gruppe der Kurzflügler zugeteilt, denen das gemeinsame Merkmal der Flugunfähigkeit zukommt. Gegenüber den anderen Kurzflüglern, den verschiedenen straußartigen Vögeln, räumte man ihnen dann eine mehr oder weniger isolierte und selbständige Stellung ein, je nachdem man den Besonderheiten ihres Leibesbaues, der Schnabel-, Flügel- und Fußbildung, mehr oder weniger Wert für das System beimaß. Darin brachten aber, wie Heck schreibt, die vergleichend-anatomischen Untersuchungen von Fürbringer einen völligen Umschwung. Fürbringer kommt, von der Ansicht geleitet, daß das zoologische System die möglichst genaue Darstellung der wahren Verwandtschafts- und Abstammungsverhältnisse der verschiedenen Tierformen sein soll, zu dem Ergebnis, daß die Vögel durchaus nicht immer nach den äußerlich auffallenden, unmittelbar mit der Lebensweise zusammenhängenden Merkmalen zu gruppieren sind, die den bekannten großen Vogelordnungen der Raub-, Kletter-, Laufvögel u. s. w. zu Grunde liegen. Denn gerade diese Merkmale, diese Körperteile, die mit der Lebensweise so eng zusammenhängen, müssen von veränderten Lebensumständen am meisten verändert — mit anderen Worten, von der Anpassung am meisten betroffen — werden und sind gewiß in der thatsächlichen Entwickelung des Vogelstammes vielfach davon verändert und betroffen worden. So haben sich mitunter Tierformen, die sich eigentlich stammverwandtschaftlich nahe stehen, später äußerlich von einander entfernt und umgekehrt ursprünglich wenig verwandte Formen äußerlich einander genähert; sie können daher gerade das Gegenteil von dem

bewirken, was sie für die Systematik eigentlich sollen: sie können über die wirkliche Stammverwandtschaft täuschen. Umgekehrt bewahren feinere Eigentümlichkeiten des inneren Leibesbaues, die für Bewegung und Nahrungserwerb höchstens mittelbar in Betracht kommen, ererbte Verhältnisse viel treuer, weil eben hier die der Vererbung entgegenwirkende Anpassung wenig oder gar keinen Grund hat, ihren verändernden Einfluß zu üben. Aus solchen Ueberlegungen, denen die Folgerichtigkeit nicht abgesprochen werden kann, verlieren auch die Kiwis, wie so viele andere Vögel, bei Fürbringer ihren altgewohnten Platz bei den Straußen und werden mit den Steißhühnern und Wasserhühnern zusammengestellt. Jedenfalls müssen sie schon sehr früh in der Stammesgeschichte sich auch von ihren nächsten Verwandten, den Moas, entfernt und den ganz abweichenden Weg der Anpassung an jene eigentümliche Lebensweise verfolgt haben, die ihren sichtbaren Ausdruck in dem langen Schnepfenschnabel findet.

Die absonderliche, nächtliche Lebensweise ist, wie Heck hervorhebt, gewiß auch der Grund, warum über das Freileben und das Brutgeschäft der Kiwis noch so wenig bekannt ist; doch sind sie — allerdings als Raritäten ersten Ranges! — hin und wieder in unsere zoologischen Gärten gekommen, und in London konnte sogar schon in den fünfziger Jahren das Brutgeschäft beobachtet werden. Das Merkwürdigste dabei ist, daß das Männchen brütet, wie bei den Straußen, und sich quer auf die beiden verhältnismäßig riesigen Eier setzen muß, um sie einigermaßen zu decken. Weitere Beobachtungen, die gewiß des Interessanten viel geboten hätten, wurden leider dadurch vereitelt, daß die Bruten des Londoner Paares alle erfolglos waren, und die notwendigen Ergänzungen durch Erforschung des Freilebens haben bis jetzt bedauerlicherweise auf sich warten lassen.

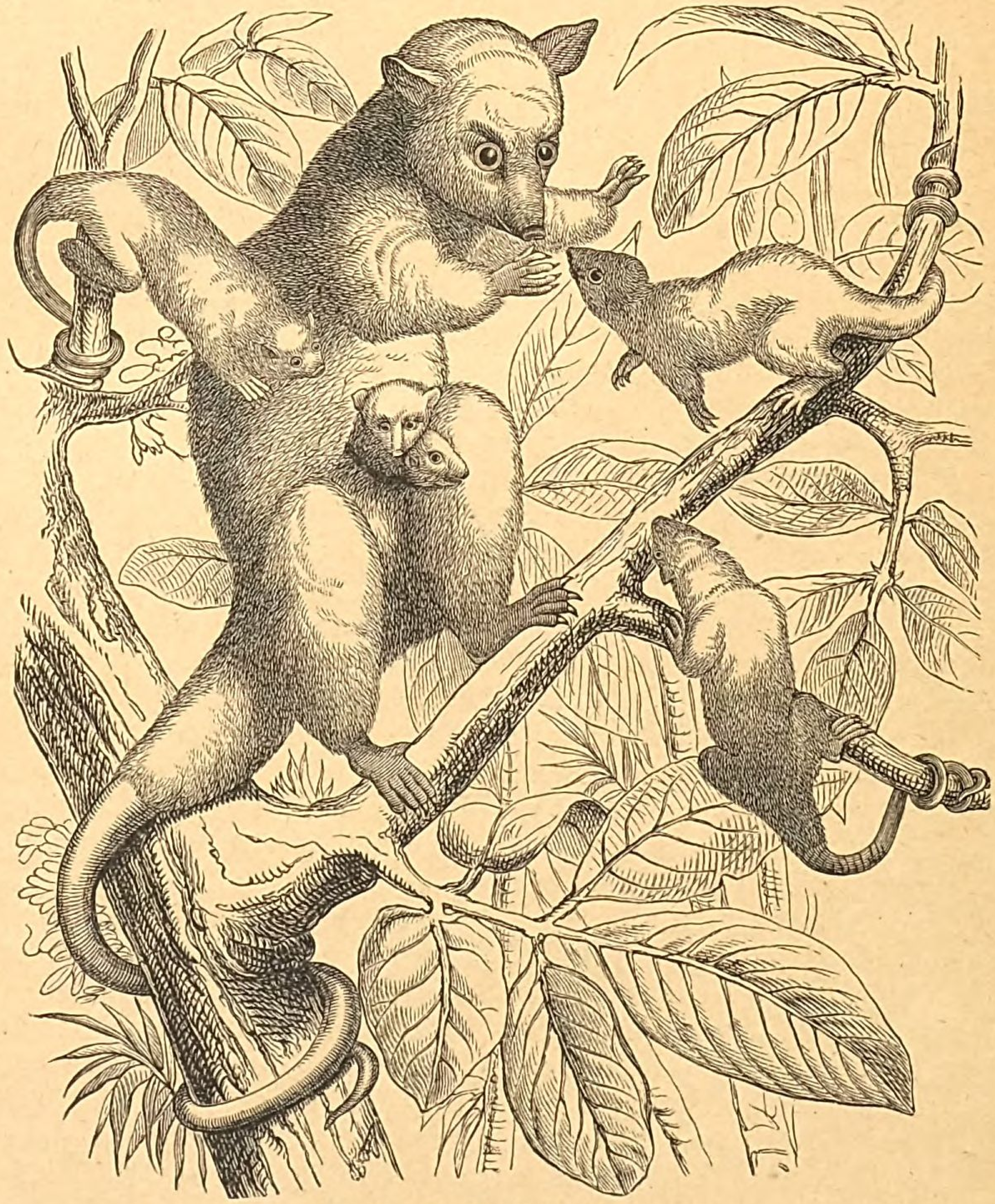
Allzulange Zeit ist dafür aber nicht mehr gegeben. Denn Neuseeland, dieses uralte Stückchen Erde, das vermöge seiner frühzeitigen Vereinzelung bis in unsere Zeit sich den altertümlichen Charakter seiner Lebewelt erhielt, befindet sich seit der Entdeckung durch die Europäer in einer künstlichen, darum aber um so kräftigeren und gründlicheren Verjüngung, vermöge deren es bald alles das nachgeholt haben wird, was es so lange versäumt hatte. Schon gehen die eingeborenen Maoris dem Aussterben entgegen, während Großstädte nach europäischem Muster sich entwickelt haben, und die heimische Tier- und Pflanzenwelt weicht immer mehr zurück vor den eingeführten Erzeugnissen der europäischen Landwirtschaft. Auch der Kiwi nimmt reißend ab; die englischen Vorstehhunde, die jetzt auf Neu-Seeland den europäischen Jägern zur Seite stehen, setzen dem immer seltener werdenden Vogel arg zu und wissen seine Spur auch in den entlegensten Walddickichten des Inneren aufzufinden, so daß sein Untergang in absehbarer Zeit bevorstehen dürfte.

Die höchste Klasse der Wirbeltiere, diejenige der Säugetiere, zerfällt in drei Unterklassen, von denen die niedrigste, diejenige der Gabeltiere oder Monotremen, Eier legt, während die beiden anderen, die Beuteltiere und Placentaltiere, lebendige Junge gebären. Für die Placentaltiere, zu der alle höheren Säugetiere gehören, ist die Bildung eines zur Ernährung der Leibesfrucht bestimmten Mutterkuchens (Placenta) bezeichnend. Von den Monotremen erblicken wir eine noch lebende Form in dem Schnabeltier.

Unsere Abbildungen auf S. 590 und 591 unten zeigen ein Wasserschnabeltier und dessen Skelett, beides absonderliche Formen, die das Gepräge der entwickelungsgeschichtlichen Rückständigkeit dieser Tiergattung deutlich genug zur Schau tragen. Daß die eierlegenden Gabeltiere gleichwohl ihre Jungen säugen, ist eine Absonderlichkeit mehr, die dadurch noch auffälliger wird, daß den Muttertieren die Saugwarzen fehlen und ihre Milchdrüsen, von denen die Jungen die Milch ablecken, nicht wie bei den anderen Säugern auf Talgdrüsen, sondern auf Schweißdrüsen zurückzuführen sind.

Die Beuteltiere sind mit wenigen Ausnahmen auf den entwickelungsgeschichtlich rückständigen Erdteil Australien beschränkt. Es giebt fleischfressende und pflanzenfressende Beuteltiere; von allen übrigen Säugetieren unterscheiden sie sich dadurch, daß sie sehr unausgebildete Junge zur Welt bringen, die bis zur Reife im Beutel des Muttertieres ausgetragen werden.

Unsere untenstehende Abbildung zeigt eine Beutelratte, die noch zwei Junge im Beutel trägt, während drei andere bereits munter die Mutter umgaukeln. Gegenüber den Gabeltieren weisen die Beuteltiere, die wir als die jüngeren Stammverwandten jener anzusehen haben, wesentliche Fortschritte in ihrer Entwickelung auf: Bei ihnen vereinigen sich nicht mehr Verdauungs- und Geschlechtsorgane in einer gemeinsamen Höhle (Kloake), sondern sind durch eine Scheidewand getrennt. Ihre Milchdrüsen sind mit Saugwarzen versehen, die in den Beutel des Muttertieres hineinragen, wo sich die Jungen daran festsaugen. Das mannshohe Känguruh bringt seine Jungen bereits einen Monat nach der Befruchtung zur Welt und trägt sie gegen neun Monate lang im Beutel mit sich, wo sie ihren ganzen weiteren Entwickelungsgang bis zur Reife durchmachen.



Krebsfressende Beutelratte.
(Nach Brehm aus Ernst Häckels „Anthropogenie".)

Die Schnabel- und Beuteltiere hatten für die Wissenschaft bis zum Aufkommen der Entwickelungslehre nur die Bedeutung von Kuriositäten oder „Naturwundern", denen die „gute alte Zeit" von jeher eine tiefeingewurzelte Blindgläubigkeit entgegenbrachte. Sehr anmutend schreibt hierüber C. Schenckling in einem Artikel der „Neuen Welt", der die „Ueberbleibsel aus der Urzeit" zum Gegenstand hat:

„Man kennt lange schon den schwarzen Schwan, der Australiens Gewässer belebt, heute noch dem Laien ein Symbol der verkehrten Welt, obwohl dem Naturforscher nicht so besonders merkwürdig. Und je tiefer man schaute, ob man auch noch so skeptisch sein wollte, um so mehr Wunder sah man. Kukuke in Fasanengröße liefen am Boden und eine Eule schrie: „Kukuk!" Hühnervögel legten ihre Eier in Laubhügel und ließen sie durch die sich darin entwickelnde Zerstörungswärme ausbrüten, während andere den warmen Boden in der Nähe von Thermen zu Brutöfen machten. Der Laubenvogel baute zur Paarungszeit wahre Hochzeitslauben, die er mit allerhand Dingelchen, wie Muscheln, Steinen, gebleichten

Knochen, Blüten u. s. w. ausschmückte. In dem benachbarten Neu=Seeland fand man den nächtlich lebenden Höhlenpapagei und lernte eine andere Papageienart kennen, die Raubvogelnatur angenommen hat und sich nicht mehr von Sämereien nährt, sondern blutdürstig die weidenden Schafherden verfolgt. In der Dunkelheit des Farnwaldes trieb das sonderbare Geschlecht des Kiwi sein Wesen, schnepfengroße Straußvögel, wahre Miniaturausgaben des heute gänzlich ausgerotteten Moa=Straußes. Dann die wunderlichen Vierfüßler! Um die Wende unseres Jahrhunderts hörte man zuerst vom Schnabeltier, das, an Gestalt einem Biber ähnelnd, am Kopfe einen regelrechten Entenschnabel trage und gar Eier legen solle. Mit Kopfschütteln wurde diese Mitteilung aufgenommen, und noch hatte man sich nicht darüber beruhigt, da kam eine neue staunenerregende Nachricht aus dem jüngsten Erdteile: man hatte von dem Schnabeltier, das am und im Wasser lebt, in den trockenen Wäldern einen Vetter entdeckt, ein nächtliches höhlenbewohnendes Land=Schnabeltier, vom Forscher Echidna, d. i. fabelhaftes Ungeheuer, genannt. Ein Geschöpf, das nun vollends lächerlich ausschauen sollte. Aeußerlich einem großen Igel gleichend, hatte es am Kopfe statt der bekannten schwarzen Schweinsschnauze eine schnabelartige Röhre, die vorn gerade Oeffnung genug läßt, um eine lange, nur wurmdicke Zunge heraus zu schieben, deren Klebsaft Ameisen festhält und dem wunderlichen Schnabeligel als Nahrung zuführt. Diese Echidna hat am Bauche eine Tasche wie ein Känguruh, und in diese Tasche legt sie sich selbst ein Ei und brütet es richtig darin aus, um das Junge nachher auch noch zu säugen (allerdings in anderer Weise als derjenigen eines regelrechten Säugetieres). Wie vor kurzem die Existenz des Schnabeltieres, so wurde diesmal die des Ameisenigels angezweifelt. Heute sind uns beide keine Fabelwesen mehr. Dem Forscher Caldwell verdankt die Wissenschaft die Entdeckung, daß das Schnabeltier, Ornithorhynchus paradoxus, Eier legt, und der durch seine „Schöpfung der Tierwelt" bekannte Professor Haacke konnte 1884 einer gelehrten Körperschaft in Adelaide ein Ei vorlegen, das er kurze Zeit vorher dem Brutbeutel eines Ameisenigel=Weibchens, Echidna hystrix, entnommen hatte."

Nachdem Darwins Lehre neues Licht in die Naturanschauung gebracht hatte, erkannten die für dieses Licht empfänglichen Naturforscher alsbald, daß die absonderlichen Tierformen des „jüngsten" (in entwickelungsgeschichtlicher Hinsicht richtiger „ältesten!") Erdteiles als Uebergangsformen anzusehen seien, und die nach dieser neuen Richtung emsig betriebene Forschung wurde auch von Erfolg gekrönt. Für das entwickelungsgeschichtliche Bindeglied zwischen Wirbellosen und Wirbeltieren hat auch Australien in der Gattung Epigonichtys der Röhrenherzen=Unterklasse ein Muster aufzuweisen; doch findet man solche an den verschiedensten Meeresküsten, und der Amphioxus des Mittelmeeres hat seine entwickelungsgeschichtliche Aufgabe nach dieser Richtung bereits aufs glänzendste gelöst. Auch die Uebergangsform, die von den Fischen zu den Amphibien überleitet, war in den Lurchfischen Südamerikas und Afrikas bereits gefunden, als Forster den nach ihm benannten Ceratodus an Gerhard Krafft, den Kurator des Museums von Sydney, sandte. Nichtsdestoweniger bot dieser neue Fund genug selbständiges Interesse, um im höchsten Grade die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt auf sich zu ziehen. Er stammte aus dem Burnett=Flusse in Queensland (Ostaustralien) und hatte, wie Schenckling schreibt, gleich seinen Vettern in Afrika und Südamerika ganz die Gestalt eines Fisches. Er maß etwas über einen Meter und hatte etwa die Grundform des Karpfen. Die Flossen waren indes anders gebaut: nicht nur, daß die Rücken=, Schwanz= und Afterflosse zusammengefaßt ist und in der Form eines Flossensaumes um das spitze Ende des Leibes herumgreift, auch die Brust= und Bauchflossen hatten Umbildungen erfahren. Die ziemlich großen, ruderförmig gebauten Flossen lassen deutlich eine Hauptachse mit aufsitzenden Seitenstrahlen erkennen, und dieser Mittelstamm scheint sehr wohl geeignet, etwaige Kriechbewegungen des Tieres auf dem Lande zu ermöglichen, beziehungsweise zu unterstützen. Das Skelett dieses Molchfisches ist ganz von der Beschaffenheit, wie man es bei den ältesten Fischgruppen, z. B. den Haien beobachtet hat, knorpelig und ohne jegliche Härte. Besonderes Interesse bietet die Bezahnung des Tieres. Die Zahl der Zähne ist äußerst klein. Im Unterkiefer

sitzen zwei wellig eingekerbte Zahnplatten und auch das Pflugscharbein trägt zwei schneidezahnförmige Zähne. Die tiefe Zackung des Zahnrandes ähnelt der eines Hahnenkammes. Wer so gestaltete Zähne einmal gesehen hat, in natura oder im Bilde, der vergißt ihre Gestalt nicht wieder. So wurde auch der Museumsdirektor in Sydney durch die sonderbare Form der Gaumenzähne des ihm vorliegenden Molchfisches an Zahndarstellungen erinnert, wie sie Agassiz schon vor Jahrzehnten in seinen Büchern gebracht hatte. Die Zähne kannte man wohl, nahm auch an, daß es Fischzähne seien, und wußte sogar, daß Millionen von Jahren vergangen waren, seitdem die Träger derselben sich dieses Besitzes erfreuten. Wegen der hahnenkammähnlichen Zähne hatte man die Gruppe jener störähnlichen Fische, die im paläozoischen und mesozoischen Zeitalter gelebt haben, Ceratodus genannt, d. i. Hornzahn oder Hornzähner. Ein Träger solcher Zähne lag nun im Museum zu Sydney; es war zweifelsohne ein Ceratodus. So war der ungewöhnliche und höchst merkwürdige Fall eingetreten, daß ein Tier, welches viele Jahre hindurch nur winzigen Resten nach bekannt war, das für „fossil“ gehalten und als Bewohner der Urwelt angesehen wurde, leibhaftig und frisch gefangen vorlag: ein lebendiger Fisch aus der Urwelt!

Diese Entdeckung war für die Descendenztheorie von größter Wichtigkeit. Ceratodusreste fand man selbst in den Schichten der Triasperiode, ja, es gelang, die Molchfischzeit in die Devonperiode zu verlegen. Die Ceratodusarten scheinen, wenn man nach Zahnfunden schließen darf, in jener Zeit fast über die ganze Welt verbreitet gewesen zu sein. Man kennt solche Funde nicht nur aus Australien, Ostindien und Nordamerika, sondern auch aus Europa; selbst in Deutschland hat man Ceratoduszähne gefunden, so im Schwäbischen und in der Gegend von Magdeburg.

Nach den Aufzeichnungen Richard Semons (eines Schülers Ernst Häckels, der 1891—1893 eine eigene von Paul v. Ritter in Basel mit Geldmitteln unterstützte Expedition nach Australien zur näheren Erforschung des Ceratodus unternahm), bewohnt der australische Ceratodus nicht alle oder mehrere Gewässer des Festlandes, sondern kommt nur in zwei Flüßchen Queenlands, also im nordöstlichen Teile des Kontinents, vor, nämlich im Burnett und Mary-River. Da nach früheren Mitteilungen das viel gesuchte Tier das Brackwasser bewohnen sollte, wandte sich der deutsche Forscher zunächst nach der Stadt Maryborough, welche die Endstation der Bahnstrecke von Brisbane her bildet und an der Mündung des Mary-River liegt. Auch diese Notiz beruhte auf Irrtum. Auf die Versicherung kundiger Leute hin ließ sich Semon dann etwa am Mittellauf des Flüßchens nieder, das war aber im „australischen Busch“. Durch den schon erwähnten Caldwell war bereits vor einem Jahrzehnt darauf hingewiesen worden, daß der Ceratodus ähnlich unserem Triton seine Eier zwischen Wasserpflanzen ablege. Um nun diese Kleinodien zu erlangen, mußte Semon fast selbst zum Doppelleber werden. Er und seine schwarze Hilfstruppe suchten tagaus tagein den Maryfluß meilenweit auf Ceratoduseier ab. Jedes Blatt, jeder Stengel, jedes Teilchen der Wasserpflanzen wurde der peinlichsten Untersuchung unterworfen. Lange vergebens! Endlich, es war Anfangs November, welcher Monat auf der südlichen Hemisphäre etwa unserem Mai entspricht, wurden im Pflanzengewirr die ersten drei Eier gefunden. Caldwells Hinweis hatte sich bestätigt. Lose im Genist hingen die kleinen Gebilde; bei ihrer grünlichen Farbe und ihrer Größe (6 bis 7 Millimeter im Durchmesser) hatten sie auffallende Aehnlichkeit mit Froschlaich, nur daß sie eben etwas größer waren. Nun mehrten sich die Funde von Tag zu Tag, und schon konnte Semon die eigentliche Arbeit, die Entwickelung des Tieres im Ei zu studieren, beginnen. Aber noch war er zu keinem sicheren Resultat gekommen, da trat die Regenperiode ein, welche das Flüßchen in einen reißenden Strom verwandelte, wodurch weiteres Suchen unmöglich gemacht wurde. Der Forscher verließ die Gegend und wandte sich nach Neu-Guinea, um nach der Regenzeit seine Untersuchungen fortzusetzen. Nach der zweiten Ankunft vergingen wiederum Wochen, ehe die ersten Eier gefunden wurden, aber die Mühe wurde diesmal reichlich belohnt: von derselben Fundstelle erhielt Semon an siebenhundert Stück Eier, und bei dieser außerordentlichen Menge gelang es ihm auch, die ganze Entwickelungsreihe des Molchfisches zusammen zu bringen.

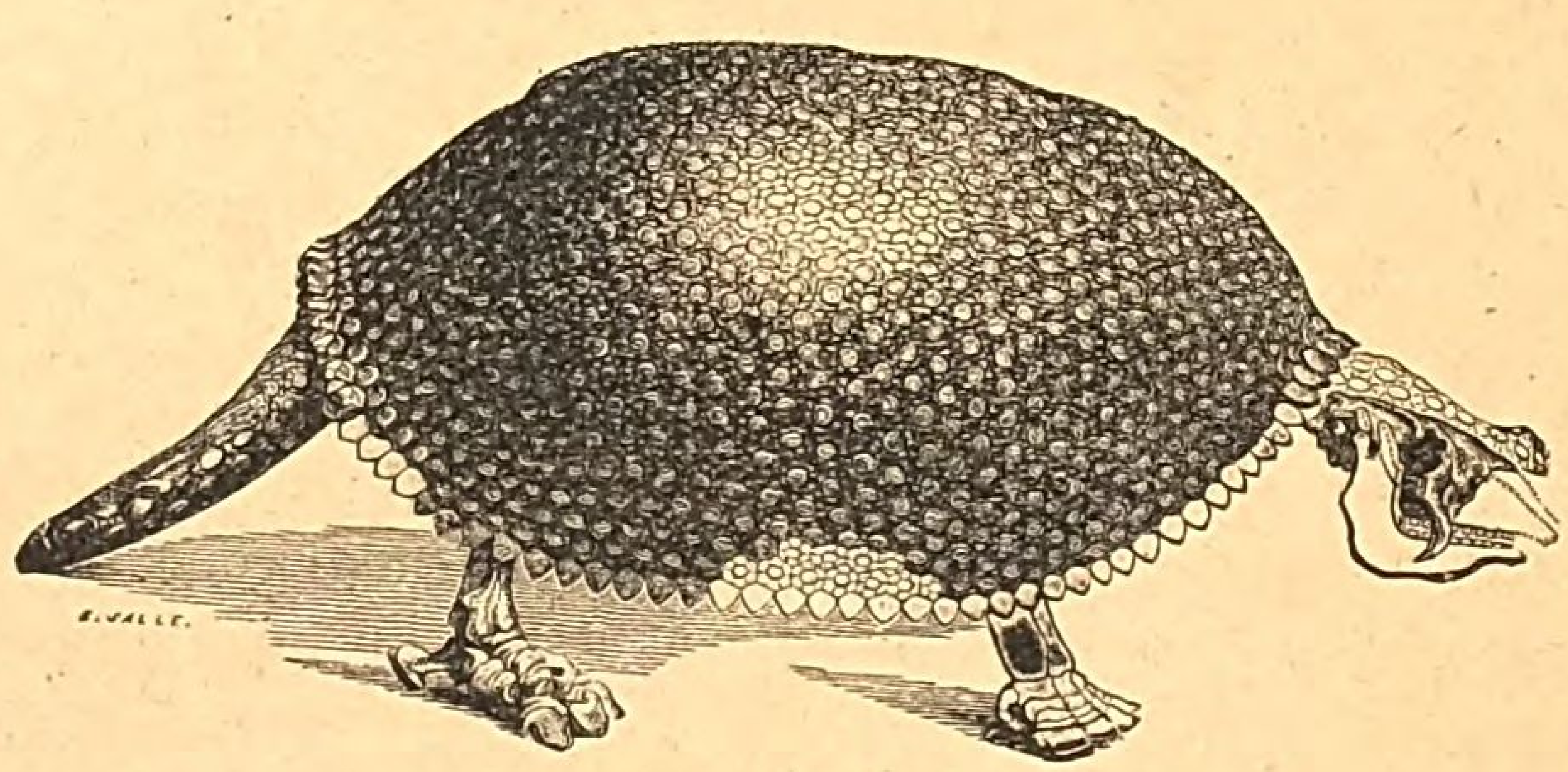
Schon die ersten Untersuchungen hatten Semon gelehrt, daß der Ceratodus in seinen Anfangsstadien im Wesentlichen den Amphibien gleicht. Die sorgsame Fortsetzung der Studien daheim im Studierzimmer hat dies bestätigt. Somit wurde der Beweis erbracht, daß der Ceratodus Australiens, wie auch seine Verwandten, der Schuppenmolch des Amazonenstromes und der afrikanische Protopterus, die Klassen der Fische und Amphibien wirklich verbinden.

Die Frage, wie ein kiemenatmendes Tier zu einem lungenatmenden werden konnte, findet in dem mehrerwähnten Aufsatze Schencklings folgende Beantwortung: „Wir wissen, daß die Schwimmblase des Fisches zu seinen wichtigsten und charakteristischsten Organen gehört. Sie entwickelt sich in Gestalt einer Ausstülpung an der oberen Wand des Vorderdarmes und bewahrt mittels des sogenannten „Luftganges“ ihren anfänglichen Zusammenhang mit letzterem sehr häufig das ganze Leben hindurch. So entspricht sie in ihrer Entstehungsweise der Lunge der höheren Wirbeltiere und ist bei den Molchfischen thatsächlich zu einer Lunge geworden. Die Schwimmblase ist mit einem aus dem Stoffwechsel des Fisches stammenden Gasgemenge erfüllt, das ähnlich wie die atmosphärische Luft aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure besteht. Es ist nicht ungeheuerlich, wenn man annimmt, daß ein im Innern eines Tieres gelegenes luftgefülltes Organ auch einmal für direkte Aufnahme von Luft ins Blut, also zur Atmung dient. Daß dieses wirklich der Fall ist, lassen die kleinen Ansätze dazu einiger durchaus echter Fischarten erkennen. Bei unseren Ceratodus nun hat diese Umbildung in erhöhtem Maße stattgefunden; sie ist weiter fortgeschritten, indem die Wandungen der Schwimmblase luftsaugende Blutgefäße erhalten haben und die Mündung der Blase aus dem tiefen Darm bis in den Schlund vorgerückt ist: sie ist zur Luftröhre geworden, jene zur Lunge.

Freilich ist diese Umbildung nicht im Handumdrehen vor sich gegangen, ganz allmählich fand sie statt, und so manches Säkulum mag verflossen sein, ehe aus dem kiemenatmenden Fisch ein lungenatmendes Tier wurde. Die Geologie lehrt, daß in der Devonzeit die nördliche Halbkugel der Erde zum größten Teil mit Wasser bedeckt war, auf dessen Grund sich der sogenannte alte rote Sandstein als Schlamm ablagerte. Im Laufe der Zeit wurde das Wasser immer flacher und immer seichter, und an Stelle der zusammenhängenden Wasserfläche traten Tümpel. Alles, was sich im nassen Elemente wohl fühlte, und das war wohl das Gros der gesamten damaligen Fauna, zog sich in diese Wasserlöcher zurück. In dem Gewimmel wurden die weniger kräftigen Formen erdrückt; andere fanden Liebhaber — sie wurden gefressen; der in der verhältnismäßig kleinen Wassermenge enthaltene Sauerstoff wurde bald verbraucht — ein Teil der Kiemenatmer erstickte; immer mehr verdunstete das Wasser, und immer sauerstoffarmer wurde es, und diese Umstände bewirkten, daß sich die alten Ceratodi neuen Verhältnissen anpassen mußten und vielleicht nach Art des heutigen Protopterus die Dürre überstanden. Vielleicht begaben sich einzelne Ceratodi auf die Wanderung. Lungenatmend schlängelten sie sich gleich unserem Aal über Land bis zu einem anderen Gewässer. Diese Wanderungen wurden ausgedehnter, was Kräftigung der Lungen einerseits und Schwächung der Kiemen andererseits zur Folge hatte, bis letztere schließlich gänzlich schwanden und nur in jüngsten Zuständen des Tieres wahrzunehmen sind. So wurde aus dem Fisch ein Molchfisch — aus dem Molchfisch ein Amphibium.“

Die australische Brückeneidechse war ein wahrer entwickelungsgeschichtlicher Haupttreffer als Uebergangsform zwischen Amphibium und Reptil. Dieses dem australischen Gebiet angehörende Tier wird, wie Schenckling in seinem oben citierten Aufsatz bemerkt, von Cook, dem berühmten Entdecker Neuhollands, erst nach seiner dritten Reise erwähnt, und Dieffenbach brachte es Anfang der vierziger Jahre zum erstenmale lebend nach England. Seit dieser Zeit ist indes die Brückeneidechse so rar geworden, daß bereits 1867 Günther die Befürchtung aussprechen konnte, sie werde binnen kurzem zu den ausgestorbenen Tieren zu zählen sein. Den Uebergang vom Reptil zum Säugetier finden wir gleichfalls in Neuholland; es ist das bereits erwähnte Schnabeltier. Auch die Vermittelungsglieder zwischen den niederen, eierlegenden und den höheren Säugetieren, die Beuteltiere, leben in Australien.

Dagegen ist dort eine Zwischenform, die vermittelnd zwischen die Reptilien und die gefiederten „Segler der Lüfte" eingereiht werden könnte (übrigens in der Archäopteryx bereits längst gefunden ist), bis jetzt nicht entdeckt worden. Es war, wie Schenckling erwähnt, ein Lieblingsgedanke des alten Darwin, daß in einem bisher noch unbesuchten Teile des australischen Gebietes — es gab und giebt heute noch deren genug — doch auch noch etwas Aehnliches wie die Archäopteryx eines Tages lebend angetroffen werden könnte. Als der Reisende Haast in den neuseeländischen Alpen rätselhafte Tierspuren im Schnee entdeckte, legte ihm Darwin ans Herz, doch ja zu fahnden, ob nicht ein wahrhaftiger Eidechsenvogel der Art dort noch sein Wesen treibe. Es hat sich aber nichts davon gezeigt, und die Fährten waren wohl die eines Säugetieres, das allerdings auch bis heute noch nicht bekannt ist.

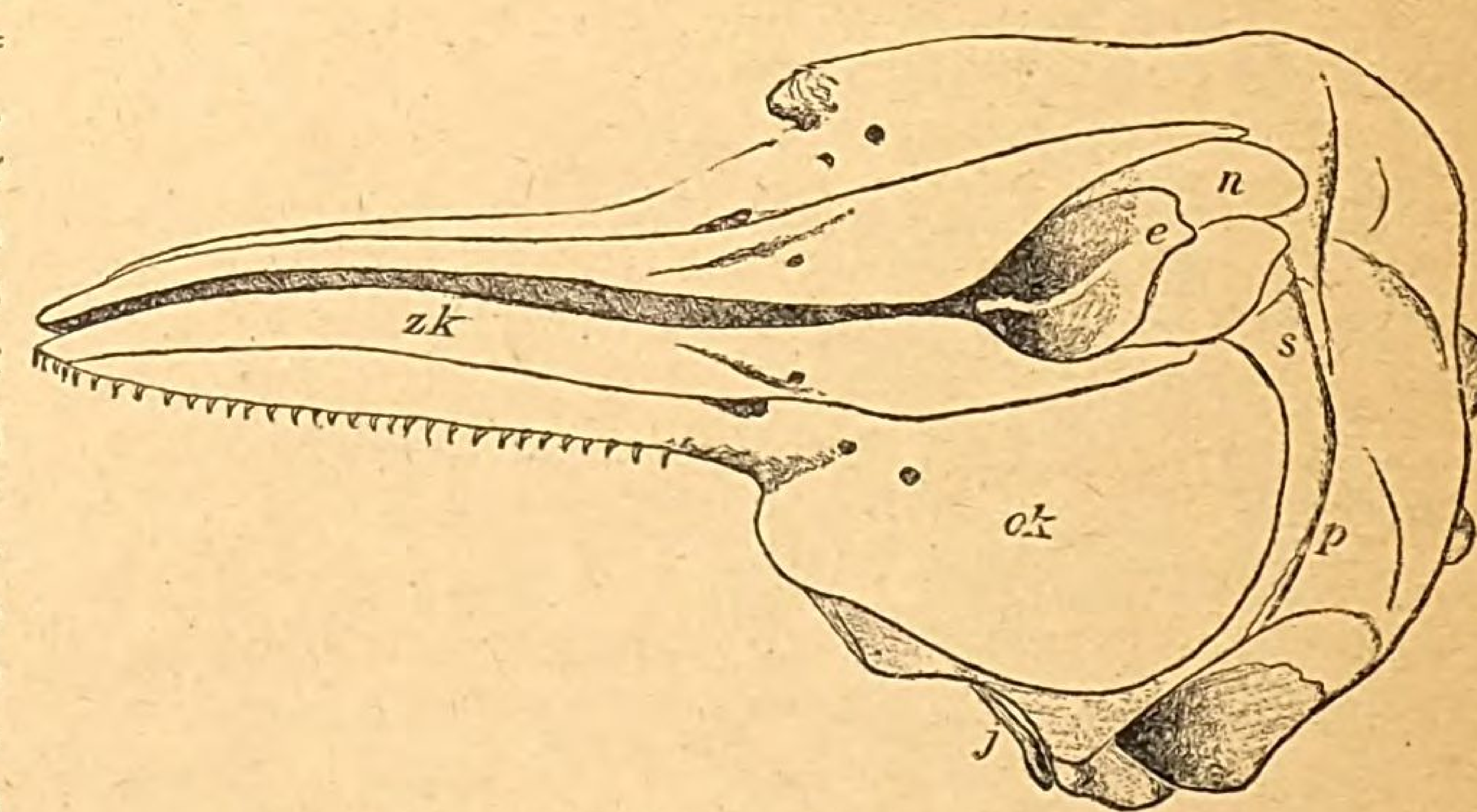


Glyptodon.

Daß der Uebergang von den niedrigen zu den höheren Säugern, den sogenannten Placentatieren oder Placentalien, und von diesen zum Menschen nicht auf australischem Boden sich vollzogen haben kann, daß also die dortigen Ureinwohner nicht „Eingeborne" im buchstäblichen Sinne des Wortes, sondern Eingewanderte waren, ist nach dem Vorhergesagten selbstverständlich.

Die Placentaltiere zerfallen in die Stammgruppe der Mallotheria, die als vorweltliche Stammgruppe der Placentaltiere überhaupt anzusehen ist; ferner in die Ordnungen der Zahnarmen, der Wale und Seekühe, der Huftiere, an welche sich (nach der Ansicht einiger Gelehrter) jene entwickelungsgeschichtlich anschließen, der Nager, Insektenfresser, Handflatterer, Halbaffen, Raubtiere und Primaten.

Von den Zahnarmen führen wir hier einen Vorfahren aus der Diluvialzeit, das von der Schnauze bis zur Schwanzspitze nahezu 3 m messende Glyptodon vor, das den noch heute lebenden, aber bereits der völligen Ausrottung entgegengehenden Gürteltieren Südamerikas am nächsten steht und ein Mittelglied zwischen den Gürteltieren und jenen vorweltlichen Riesenfaultieren bildet, zu denen das Megatherium und Mylodon gehörten.



Schädel des Delphinus lagenorhynchus.

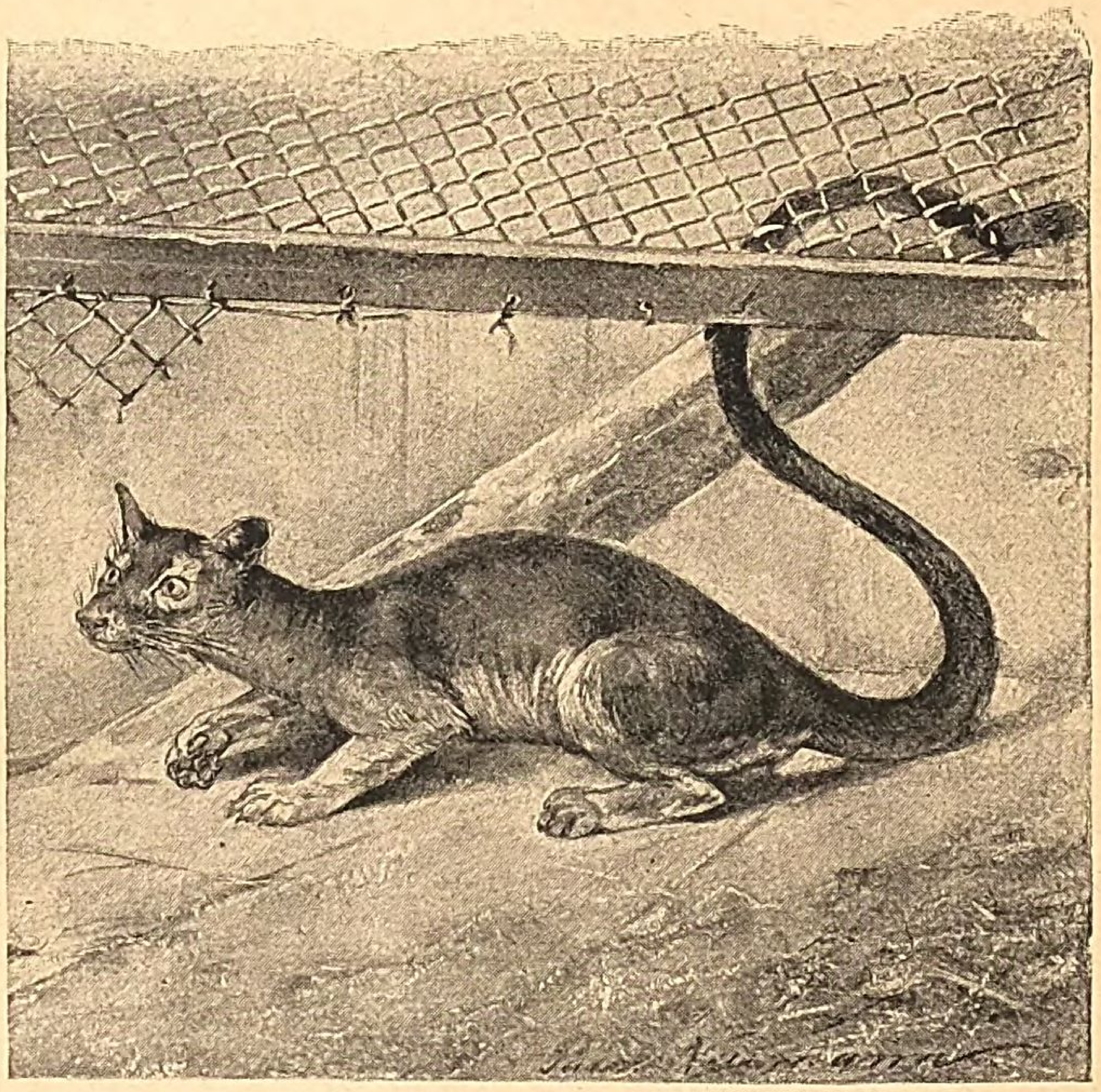
Die Wale sind in ihrer wahren Natur erst gegen die Mitte unseres Jahrhunderts — hauptsächlich durch das Verdienst des Kopenhagener Physiologen Eschricht — näher erkannt worden, und der Umstand, daß sie während ihres embryonalen Lebens Zähne besitzen, die aber niemals zur Benutzung kommen, kennzeichnete diese Ordnung der Säugetiere als das letzte Glied einer Entwickelungsreihe, die mit vielzähnigen vierfüßigen Säugetieren begonnen hat und wahrscheinlich ihren gemeinsamen Ausgangspunkt mit den Huftieren in einer Tierform hatte, die als diejenige der „Urhufer" bezeichnet werden kann. Auch die Zusammen=

gehörigkeit der Bartenwale (die gewöhnlich als Wale im engeren Sinne angesehen werden), mit den Delphinen und allen anderen Zahnwalen ist, nachdem man die Bauart des Schädels genügend kennen gelernt hat, zweifellos festgestellt. Die Blütezeit der Waltiere war die mittlere Tertiärzeit, in welcher der heutige europäisch-asiatische Kontinent zum großen Teile Meeresboden war; mit der Umwandlung eines so bedeutenden Teiles der Erdoberfläche in Festland mußte für diese Meeresriesen die Zeit des Verfalles und Unterganges beginnen. Brandt, der umfassende Untersuchungen über die Wale Europas angestellt hat, schreibt hierüber:

„Das Aussterben von Seetieren hat auf den ersten Blick mehr Befremdendes als das der Landsäugetiere. Namentlich fühlt man sich zu der Meinung hingezogen, daß die Bewohner des Meeres in ihrem ausgedehnten, überall mehr oder weniger durch Tiere belebten Elemente Gelegenheit gehabt hätten, sich durch Auswanderungen den von außen her schädlich auf sie einwirkenden Einflüssen zu entziehen, besonders wenn dies keine plötzlichen waren, ohne Mangel an Nahrung zu leiden. Als Beispiel eines solchen frühern, sehr ausgedehnten, von West- und Südeuropa bis Centralasien sich erstreckenden Meeresbeckens dient der große, zur Miocänzeit und auch wohl später bestandene Ocean, der, als er seine größte Ausdehnung besaß, bis an das Eismeer sich fortsetzte, im Süden aber mit tropischen Meeren kommunizierte. Ein solcher Ocean mußte nicht bloß eine höhere Temperatur der mittleren Breiten begünstigen, sondern auch zur Erwärmung der nördlichen Gegenden wesentlich beitragen und nicht bloß ihren Floren, sondern auch ihren Faunen einen günstigeren, von dem jetzigen sehr verschiedenen Charakter verleihen. Der Zustand war aber keineswegs ein bleibender. Die allmähliche Hebung des Landes führte eine Trennung von den südlichen subtropischen oder tropischen Meeren und eine Beschränkung der Ausdehnung herbei, während seine Wärme sich verminderte. Noch mehr war dies aber mit der seines großen nordischen Verbindungsmeeres der Fall, namentlich nachdem die vom allmählichen Verschwinden desselben begleitete Absonderung in mehr oder weniger getrennte Becken erfolgte. Die frühere üppige, von einem wärmeren, feuchtern Klima begünstigte, reichere Vegetation und Animalisation des Festlandes veränderten ihren Charakter und nahmen ab. Dem Meere selbst wurden daher weniger auf dem Festlande erzeugte organische Stoffe zugeführt, welche die Ernährung zahlreicher kleiner Seetiere begünstigen konnten, während gleichzeitig auf das quantitativ veränderte Meerwasser der Zufluß von süßem Wasser einen größern Einfluß ausübte. Zu diesen, die Ernährung der Meeresbewohner hemmenden, ja offenbar deren Existenz benachteiligenden Ereignissen gesellte sich noch das erwähnte, durch Hebung des Landes bewirkte allmähliche Zerfallen des Großen Oceans in zahlreiche Becken, welche die Auswanderung verhinderten, während die Veränderung ihrer Konstitution sich infolge ihrer Sonderung noch steigerte. Als Beleg hierfür dienen das Schwarze, Kaspische und Aral-Meer, die am längsten in einem, wenn auch zuletzt schwachen Zusammenhange blieben, und mehrere centralasiatische Seen. Diejenigen Arten von Wirbellosen und Fischen, welche vermöge ihrer eigentümlichen Organisation nur in einem großen, freien, keineswegs in einem binnenländischen Meere mit vermindertem Salzgehalt existieren konnten und sich den veränderten physikalischen, thermischen und biologischen Verhältnissen nicht zu accommodieren vermochten, starben nebst den Cetaceen darin aus. Die übrig gebliebenen, welche sich den Verhältnissen zu fügen im stande waren, so manche Mollusken u. s. w., nahmen an Größe ab."

Die Insektenfresser hatten bereits zu Beginn der Tertiärzeit jene Entwickelungsstufe erreicht, die sich mit geringen Abweichungen bis in die Gegenwart bei den Angehörigen dieser Gruppe erhalten hat. Aus ähnlichen Formen sind wahrscheinlich schon im mesozoischen Zeitalter die Huftiere und Fleischfresser hervorgegangen, bezw. die betreffenden Umwandlungen eingeleitet worden. Huxley führt speziell die Huftiere und Fleischfresser auf die Insektenfresser zurück.

Der Typus der Nager war ebenfalls zu Beginn der Tertiärzeit zur vollen Entwickelung gelangt, mag indes damals noch weniger artenreich gewesen sein und namentlich der Mehrzahl nach carnivor (fleischfressend) oder omnivor (alles, d. h. sowohl Pflanzen- als Fleischkost fressend) gewesen sein. Das Nagetiergebiß ist schon bei den

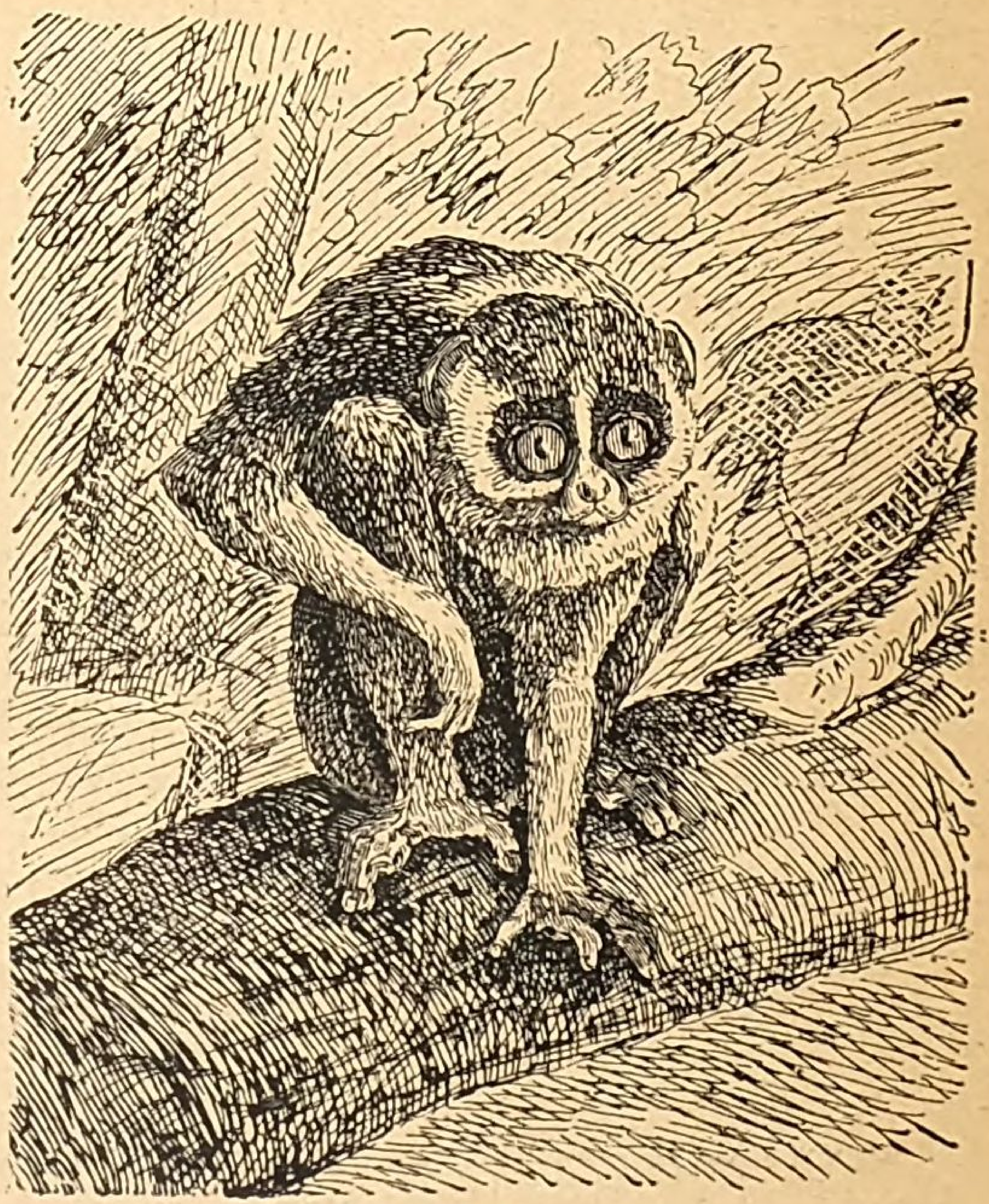


Die Marderkatze.

Beuteltieren vorbereitet und nahezu vollständig ausgebildet, so daß man, um einen gemeinsamen Ausgangspunkt für den Entwickelungsgang der Beuteltiere als der Hauptgruppe der Nager und der Insektenfresser zu finden, bis in die Juraperiode und vielleicht noch weiter zurückgreifen muß. Aus der Gruppe der Insektenfresser sind zweifellos die Fledermäuse hervorgegangen, die bereits im Eocän ihren heutigen Entwickelungszustand erreicht hatten.

Für die Raubtiere stellt Häckel einen Stammbaum auf, der, von der Urform der Placentaltiere ausgehend, zunächst zu einem Typus der fleischfressenden Placentaltiere übergeht, der sich dann wieder in zwei Teile teilt. Der eine dieser Zweige bildet eine Entwickelungsreihe, deren Sprossen in aufsteigender Reihe die Halbaffen, Affen, Ostaffen (schmalnasige Affen oder Catarrhinen der alten Welt), Menschenaffen und Menschen darstellen; der andere Zweig teilt sich zunächst in Wale (deren Stammverwandtschaft mit den Huftieren von Häckel nicht anerkannt wird) und Urraubtiere; von diesen letzteren zweigen einerseits die Insektenfresser und Handflatterer, andererseits die Robben (als Seitenzweig) und Fleischfresser oder Raubtiere ab.

Es liegt nicht im Rahmen dieses Buches, auf alle Einzelheiten dieser Stammesreihe und ihrer einzelnen Glieder näher einzugehen; nur als veranschaulichendes Beispiel sei hier eine Zwischenform vorgeführt, die sich auf Madagaskar noch lebend findet. Es ist dies die Marderkatze (Fossa), die 1833 zum erstenmal näher beschrieben wurde und von der der Zoologische Garten in Berlin ein Exemplar beherbergt. Man hält sie für das Ueberbleibsel einer ausgestorbenen Raubtiergattung, die bis in die älteste Zeit der tertiären Epoche zurückzuführen ist.



Schlankflori.

Wir haben bereits im vorigen Kapitel auf die hohe entwickelungsgeschichtliche

Bedeutung der Aufschlüsse hingewiesen, die wir aus den eigentümlichen Entwickelungsverhältnissen der organischen Welt Australiens gewonnen haben, der wieder als Sondergruppe diejenige Neuseelands gegenübersteht. In ähnlicher Weise hat auch Madagaskar die Aufmerksamkeit der modernen Naturforscher auf sich gezogen, das bis zum Beginn der Tertiärzeit mit Indien und Süd-Afrika zu einem Festlandkomplex verbunden war, der um diese Zeit zerrissen worden ist. Hier war die Entwickelung der Tierwelt schon bis zur Stufe der Halbaffen vorgeschritten, während Australien bereits zu einer Zeit von der Verbindung mit der organischen Welt des übrigen Erdkreises abgeschnitten war, da die Gruppe der Säugetiere eben erst in ihren niedrigsten Formen zur Entwickelung gelangt war. L. Heck schreibt darüber in einer zoologischen Studie folgendes:

„Seit wir durch Darwin gelernt haben, die ausgestorbenen Tiere einfach als die Vorfahren der jetzigen anzusehen, auch unter den lebenden von alten, jüngeren und jüngsten Tierformen zu sprechen und das Tier im Zusammenhang mit Ort und Zeit zu verstehen, seitdem ist uns auch ein Licht aufgegangen über die eigentümliche Tierwelt zweier großer Inseln, die früher völlig rätselhaft erscheinen mußte: ich meine Neuseeland und Madagaskar. Wie manches Kopfschütteln mögen die zoologischen Verhältnisse beider Inseln bei den Naturforschern der alten Schule erregt haben, die noch befangen waren in dem Dogma von der „Erschaffung", d. h. plötzlichen, übernatürlichen und darum als unerklärlich hinzunehmenden Entstehung jeder einzelnen Tierart genau so, wie sie ist, und ohne jede wirkliche Blutsverwandtschaft mit älteren, in der Geschichte der Erde vorangehenden Tierformen!

Neuseeland sowohl als Madagaskar zeigen nämlich insbesondere in ihrer seßhaften, an die Erde gebundenen Tierwelt so gut wie gar keinen Zusammenhang mit dem benachbarten Festland. Von dem ganzen Reichtum Afrikas an Affen, großen Dickhäutern, Antilopen finden wir auf Madagaskar gar nichts wieder, ebensowenig auf Neuseeland irgend etwas von den für Australien so charakteristischen Beuteltieren, den Känguruhs u. a. Dagegen zeichnet sich Neuseeland durch einen ganz ungewöhnlich hohen Prozentsatz flugunfähiger Vögel aus, während Säugetiere, von wenigen Nagern und Fledermäusen abgesehen, ganz fehlen, und auf Madagaskar erreicht die eigentümliche Gruppe der sogenannten Halbaffen, die sonst auf der Erde nur ganz vereinzelt vorkommen, eine Mannigfaltigkeit der Formen und eine Fülle von Arten, die schier ins Unendliche geht.

Um die fragenden Zweifel über diese, wie so viele andere nach der früheren Schöpfungstheorie ganz unbegreifliche Thatsachen einigermaßen zu beruhigen, mußte wohl das schöne Wort von den „Launen der Natur" herhalten, das prompt sich überall einstellte, wo die Begriffe fehlten. Jetzt erklären wir die auffallende Verschiedenheit in der Tierwelt beider Inseln und der benachbarten Festländer sehr befriedigend im Zusammenhang mit den geologischen Verhältnissen. Durch diese, durch ihre Gesteine erweisen sich Madagaskar ebenso wie Neuseeland als sehr lange, in sehr frühen Erdperioden schon von Afrika bezw. Australien getrennt, mit anderen Worten: als sehr alte, selbständige Festländer oder Reste von solchen, und sie sind daher auch mit einer nicht bloß eigentümlichen, sondern geradezu altertümlichen Tierwelt bevölkert."

Hierher gehört u. a. auch die oben erwähnte Marderkatze (vergl. die Abbildung auf S. 600) oder Fossa, wie sie in ihrer Heimat genannt wird. In den Urwäldern des madagassischen Hinterlandes erfreuen sich, wie Heck schreibt, die Charaktertiere dieser Insel, die Halbaffen, eines ungestörten Daseins in ungeschmälerter Massenhaftigkeit und in einer Mannigfaltigkeit der Formen, die teilweise, noch nie lebend nach Europa gekommen, bis jetzt fromme Wünsche von uns Tiergärtnern geblieben sind; dort lebt auch, von den Eingeborenen unsinnig gefürchtet und grimmig gehaßt, jenes eigentümliche Raubtier, die Fossa. Sie wurde im Jahre 1833 nach einem jungen Exemplar, das noch vor dem Zahnwechsel stand, von Bennett zuerst beschrieben. Dieser ausgezeichnete Systematiker erkannte auch sogleich, daß sie nach Zahn- und Fußbau mit keiner bestehenden Raubtiergruppe vereinigt werden kann: er stellte sie daher als eigene Gattung auf und nannte sie die Cryptoprocta ferox. Es ist in der That auch ein ganz absonderliches Tier: auf den ersten Blick

unscheinbar, fesselt es bei genauerer Betrachtung jeden Tierfreund um so mehr durch die Besonderheiten seines Leibesbaues. Zunächst fallen die Pfoten auf: wie die schlecht und plump modellierten Pranken stilisierter Wappenlöwen oder Bacchuspanther im Kleinen sehen sie aus, und in der That haben wir da eine Art Vorstufe zur Katzenpfote vor uns mit deutlichem, wenn auch nicht sehr leistungsfähigen Mechanismus zum Zurückziehen der Krallen, andererseits aber mit der ganzen, nackten Sohle auftretend. Noch merkwürdiger ist das Gebiß, und dieses konservativste, nach allgemeiner Anschauung für Verwandtschaft und Abstammung bezeichnendste Element des Säugetierkörpers erweist die Fossa erst recht als eine alte, aus längstvergangenen Entwickelungsperioden unseres Erdballs stammende



Drillpavian.

Raubtierform, die, durch die frühe Abgeschiedenheit ihrer Heimatsinsel zur Alleinherrscherin gemacht, in leichtem Kampf ums Dasein sich bis auf die Gegenwart erhalten hat. Karl Vogt nennt die Fossa geradezu eine tertiäre Katze, und in der That ist die Zahl und Art der Zähne im Oberkiefer bis auf einen hinfälligen Lückenzahn dieselbe wie bei den heutigen Katzen, während die Bezahnung des Unterkiefers zwar nicht der Zahl, um so mehr aber den Form- und Lageverhältnissen nach einer ausgestorbenen Raubtiergattung gleicht, die über das unserer jetzigen Erdperiode vorangehende Diluvium hinaus bis in die älteste Schicht der Tertiärepoche zurückdatiert.

In den Halbaffen haben wir bloß den Rest einer Tiergruppe zu erblicken, die ihren Entwickelungsgang längst zurückgelegt hat und nur noch in wenigen gleichsam versprengten Formen in Afrika und Süd-Asien vorzufinden, auf Madagaskar aber noch dichter zusammengedrängt ist.

Die ältesten Halbaffen, deren Ueberreste bis jetzt aufgefunden worden sind, haben noch 44 Zähne, wogegen ein im Miocän von Quercy aufgefundener Halbaffe deren nur 40 besitzt. Dieses Exemplar gehörte einer Art an, die nach dem Schädel und Gebiß aufs engste einem Lemur*) der Gegenwart verwandt erscheint. Ein Zeitgenosse dieses Halbaffen, der einer „Adapis" genannten Gattung angehörte, stand, seinem Gebisse nach zu urteilen, in verwandtschaftlichem Verhältnisse zu den Schweinen, obgleich er wahrscheinlich ein Baumbewohner war. Noch größere Verwandtschaft mit den Schweinen zeigt das Affenschwein



Weißhand-Gibbon.

aus dem oberen Miocän, und in Amerika sind mehrfache Reste gefunden worden, die Merkmale der Dickhäuter (zu denen die Schweine zählen) mit solchen der Halbaffen ver-

*) Lemuren nannten die alten Römer Nachtgespenster; die Zoologie hat diesen Namen der typischen Familie der Halbaffen gegeben, die ausschließlich auf Madagaskar leben, die Größe der Katze und einen spitzen, fuchsähnlichen Kopf mit schiefliegenden, ziemlich großen Nachtaugen haben. Sie durchstreifen in größeren Rudeln nach Sonnenuntergang und zur Nachtzeit den Urwald, wobei ihr betäubendes Geschrei weithin vernehmbar ist.

einigt zeigen. Die heute lebenden Halbaffen schließen sich morphologisch teils den Beuteltieren — besonders den Beutelratten —, teils den Insektenfressern und den Nagern, einige auch den echten Affen an, und es giebt unter ihnen auch solche Formen, die sich den anthropomorphen (menschenartigen) Affen der alten Welt insofern nähern, als sie — im Gegensatze zu den übrigen Halbaffen — ungeschwänzt sind. Unsere Abbildung auf S. 600 zeigt eine solche Form im Schlankkori. Endlich haben wir in einer Gattung der Halbaffen, dem Galeopithecus, eine unmittelbar an die Fledermäuse anschließende Uebergangsform zu erkennen. Diese vielseitigen Beziehungen der Halbaffen zu verschiedenen Ordnungen von Placentaltieren betrachtet Häckel als einen Hinweis darauf, daß die Halbaffen unter den heute noch lebenden Vertretern dieser Gruppe diejenigen sind, die der gemeinsamen uralten Stammform derselben am nächsten standen. Nach seiner Meinung werden sich unter den unmittelbaren gemeinsamen Vorfahren der Affen und Menschen Deciduaten*) befunden haben, die, wenn wir sie heute lebend vor uns sähen, in die Ordnung der Halbaffen eingestellt werden müßten. Aus diesem Grunde schaltet Häckel die Halbaffen als 21. Stufe — und zwar im Anschlusse an die Beuteltiere — in die Stammesreihe des Menschen ein (vgl. das folgende Kapitel).



Gorilla-Weibchen.

Wir gehen nun zu den echten Affen über, die man früher als Vierhänder bezeichnet und denen man den Menschen als Zweihänder gegenüber gestellt hat. Diese Unterscheidung hat sich aber als haltlos erwiesen, seit der englische Zoologe Huxley überzeugend nachgewiesen hat, daß die Affen ebenso gut Zweihänder sind wie der Mensch, wenn auch die



Weiße Meerkatze.

*) Wie die Allantoiden und Amnioten als entwickelungsgeschichtliche Formen aufgestellt werden, die ihre Bezeichnung embryonalen Zuständen verdanken, die für die Angehörigen dieser Gruppe bezeichnend sind, so sind auch die „Deciduaten“ eine solche Gruppe, deren charakteristisches Merkmal darin besteht, daß bei ihrer Geburt ein Teil der inneren Auskleidung des mütterlichen Fruchtbehälters, die sogenannte Decidua (hinfällige Haut) mit losgelöst wird. Diejenigen Säugetiergruppen, bei denen diese Loslösung infolge anderer Beschaffenheit der Placenta nicht stattfindet, werden Indeciduen genannt; zu diesen gehören die Huftiere und Wale. Man bezeichnet sie auch als niedere Placentaltiere im Gegensatze zu den Deciduaten oder höheren Placentalien, die wieder in solche mit gürtelförmiger und scheibenförmiger Placenta zerfallen. Zu ersteren gehören die Raubtiere und Robben, zu letzteren neben den Insektenfressern, Nagern und Fledermäusen die Halbaffen, Affen und Menschen.

Menschenhand durch Anpassung sich weit vollkommener als diejenige der Affen entwickelt hat, wogegen der menschliche Fuß gewisse Fertigkeiten des Affenfußes infolge der veränderten Lebensbedingungen eingebüßt, bezw. nur in unvollkommener Weise bei einigen Naturvölkern noch erhalten hat.

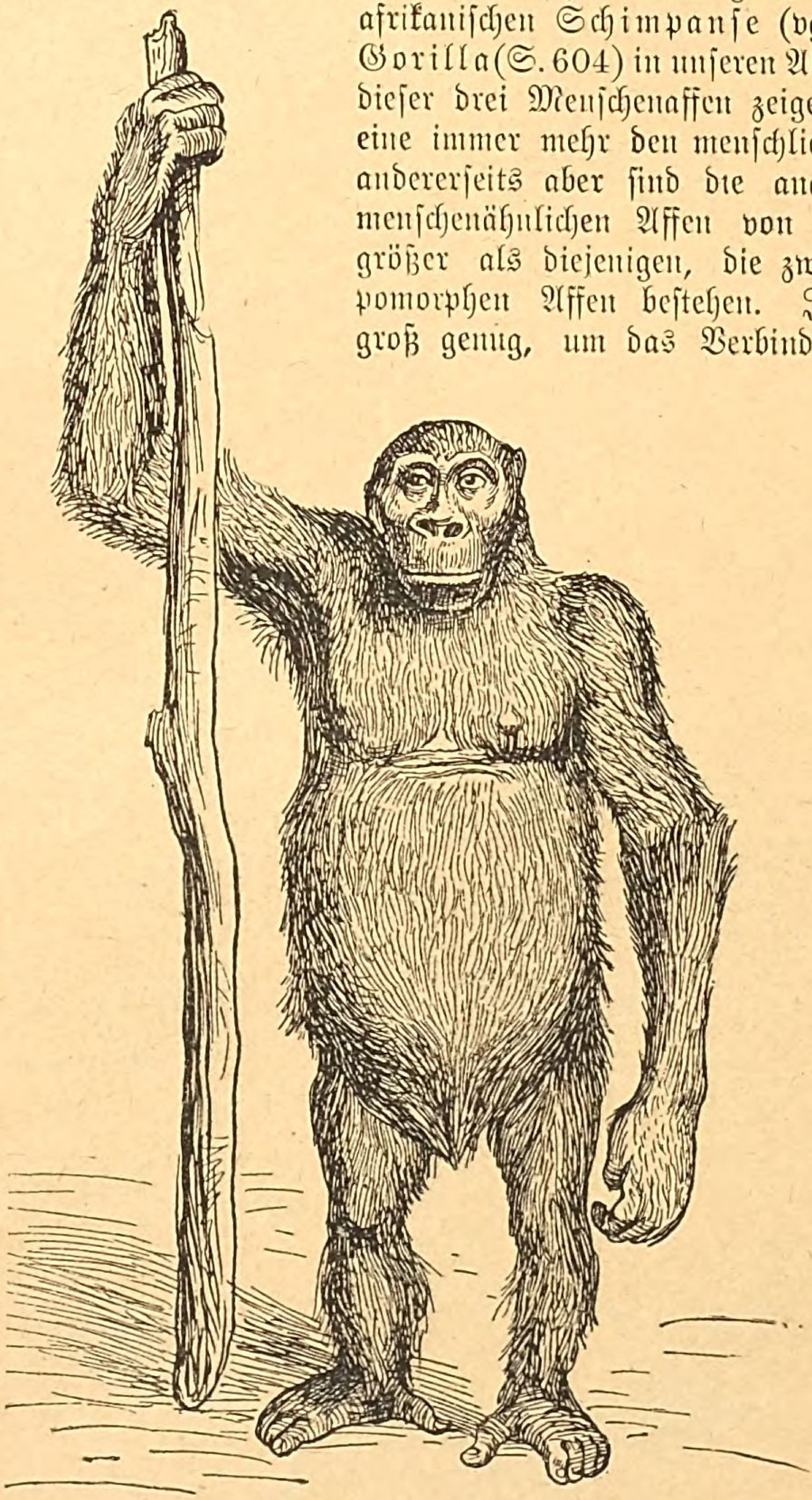
Die Affen der alten Welt, und zwar nicht nur die jetzt lebenden, sondern auch diejenigen, deren fossile Reste bis jetzt in Europa, Asien und Afrika gefunden worden sind, besitzen das gleiche 32zähnige Gebiß wie der Mensch, wogegen alle Affen der neuen Welt (Amerikas) 36 Zähne haben. Da das Gebiß als eines der dauerhaftesten Merkmale der Tierformen gilt, erscheint es vollkommen gerechtfertigt, die Ordnung der Affen in die beiden Gruppen der West- und Ostaffen (Affen der neuen und alten Welt) zu sondern. Eine weitere Unterscheidung dieser beiden Gruppen ist diejenige in Platt- und Schmalnasen (Platyrhinen und Catarhinen). Die Plattnasen gehören der neuen Welt an; die Nasenflügel sind bei ihnen nicht entwickelt und die Nasenscheidewand nach unten hin verbreitert und verdickt, so daß die Nasenlöcher nicht nach unten, sondern nach außen zu stehen. Die Schmalnasen der alten Welt haben dagegen eine verhältnismäßig schmale Scheidewand, und selbst dann, wenn die Nase plattgedrückt erscheint, stehen die Nasenlöcher nach unten. Es giebt aber auch Nasenaffen, bei denen der als Geruchsorgan dienende Gesichtsvorsprung mehr oder weniger nach menschlicher Weise gebildet ist. Ein in die Augen fallendes Beispiel hiervon ist der Nasenaffe (vgl. unsere Abbildung auf S. 607), dessen Geruchsorgan Häckel als eine „schöngebogene, lange Nase“ bezeichnet, während andere Kenner (wie z. B. Heck in seinem „Tierreich“), mehr eine Karikatur der Menschennase darin erblicken.



Orang, altes Männchen.

Auf der niedrigsten Stufe der Catarhinen stehen die Paviane (vgl. Abbildung S. 602) und die Meerkatzen (vgl. unsere Abb. auf S. 604), auf der höchsten die antropomorphen oder menschenähnlichen Affen; die Uebergangsform zu diesen bildet der Gibbon (Abb. auf S. 603), dessen Verbreitungsgebiet auf Hinter-Indien und die Sunda-Inseln beschränkt ist und der mit seinen außerordentlich langen Armen und Andeutungen von Gesäßschwielen den

geschwänzten Schlankaffen seiner Heimat wohl näher steht als den menschenähnlichen Affen, als deren Vertreter wir den asiatischen Orang-Utang (vgl. Abbildung auf S. 605), den afrikanischen Schimpanse (vgl. die untenstehende Abbildung) und den Gorilla (S. 604) in unseren Abbildungen veranschaulichen. Die Skelette dieser drei Menschenaffen zeigen, vom Orang zum Gorilla aufsteigend, eine immer mehr den menschlichen Formen sich nähernde Entwickelung; andererseits aber sind die anatomischen Verschiedenheiten, die diese menschenähnlichen Affen von den niedrigsten Schmalnasen trennen, größer als diejenigen, die zwischen dem Menschen und den anthropomorphen Affen bestehen. Immerhin sind diese Unterschiede noch groß genug, um das Verbindungsglied, von welchem aus die beiden Zweige der Zweihänder sich einerseits zu den Affen der Gegenwart, andererseits zum Menschen entwickelt haben, in eine ferne Vergangenheit zurückzulegen. Anknüpfend an die bereits (auf S. 605) erwähnten Gebißverhältnisse der Ost- und Westaffen folgert Häckel hieraus, daß sich alle Westaffen aus einem Stamme entwickelt haben, weil sie alle das charakteristische Gebiß und die Nasenbildung der Platyrhinen besitzen. Eben so folgert er daraus, daß alle Ostaffen von einer und derselben gemeinschaftlichen Stammform abstammen müssen, welche die Nasenbildung und das Gebiß aller jetzt lebenden Catarhinen besaß. Ferner ist es sehr wahrscheinlich, daß beide Affenstämme von einer gemeinsamen uralten Stammgruppe abstammen, und diese ist entweder unter den ältesten Platyrhinen oder unter den Halbaffen, bei den Lemuren zu suchen. Die vergleichende Morphologie des Gebisses der Placentatiere dient auch hier wieder als sicherste Richtschnur. Wir dürfen aus dem Bau und der Entwickelung des Primaten-Gebisses mit Sicherheit den Schluß ziehen, daß Menschen und Affen ebenso wie die Halbaffen, ursprünglich von einer älteren, eocänen Stammform abstammen, welche das volle typische Placental-Gebiß von 44 Zähnen besaß, nämlich in jeder Kieferhälfte (oben und unten) 11 Zähne: 3 Schneidezähne, 1 Eckzahn, 4 Lückenzähne, 3 Mahlzähne. Dieses primäre Placentalien-Gebiß finden wir thatsächlich noch bei den ältesten Halbaffen im unteren Eocän, bei den Lemuraviden. Indem nun bei ihren Nachkommen in jeder Kieferhälfte ein Schneidezahn und ein Lückenzahn durch Rückbildung verloren ging, entstand daraus das Gebiß der Platyrhinen, mit 36 Zähnen. Aus diesem primären Affengebiß entstand dasjenige der Catarhinen durch Verlust eines Lückenzahns. Hiernach würde der Schluß gestattet sein, daß die Platyrhinen die älteste Gruppe unter den heute noch lebenden Affen sind, die Ueberreste der Stamm-



Schimpanse-Weibchen.

gruppe, aus welcher sich die anderen Affen nach verschiedenen Richtungen entwickelten. Indessen sprechen, wie Häckel beiläufig erwähnt, auch einige Gründe für die Ansicht neuerer Zoologen, wonach die beiden Affenstämme unabhängig von einander in beiden Erdteilen aus Halbaffen sich entwickelt haben. Jedenfalls folgt aber aus der vergleichenden Morphologie der sowohl für die Abstammung des Menschen, als auch für seine Verbreitung über die Erdoberfläche hochbedeutsame Schluß, daß der Mensch sich aus den Catarhinen entwickelt hat. Denn wir sind nicht im stande, irgend einen zoologischen Charakter aufzufinden, der den Menschen von den nächstverwandten Ostaffen in einem höheren Grade unterschiede, als die entferntesten Formen unter sich verschieden sind. Wenn wir also überhaupt, der Descendenz-Theorie entsprechend, das natürliche System der Tiere als Leitfaden unserer Betrachtung anerkennen und darauf unseren Stammbaum begründen, so müssen wir notwendig zu dem unabweislichen Schlusse kommen, daß das Menschengeschlecht ein Aestchen der Catarhinengruppe ist und sich aus längst ausgestorbenen Affen dieser Gruppe in der alten Welt entwickelt hat. Einige Anhänger der Descendenz-Theorie haben gemeint, daß die amerikanischen Menschen sich unabhängig von denen der alten Welt aus amerikanischen Affen entwickelt hätten. Diese Hypothese hält Häckel jedoch für vollkommen irrtümlich. Denn die völlige Uebereinstimmung aller Menschen mit den Catarhinen in Bezug auf die charakteristische Bildung der Nase und des Gebisses beweist deutlich, daß sie eines Ursprungs sind, und sich aus einer gemeinsamen Wurzel erst entwickelt haben, nachdem die Platyrhinen oder amerikanischen Affen sich bereits von dieser längst abgezweigt hatten. Die amerikanischen Ureinwohner sind vielmehr, wie auch zahlreiche ethnographische Thatsachen beweisen, aus Asien, und teilweise vielleicht auch aus Polynesien (oder selbst aus Europa) eingewandert.



Nasenaffe.

Als nächste Stammeltern des Menschengeschlechtes glaubt hiernach Häckel eine schwanzlose Catarhinen- oder menschenköpfige Affenart annehmen zu sollen, die den noch heute lebenden Menschenaffen ähnlich aber nicht gleich war und sich aus geschwänzten Catarhinen oder hundsköpfigen Affen entwickelt hat.

Als 1859 Darwins Buch über die Entstehung der Arten erschien, dessen Grundgedanke die Veränderlichkeit der Organismen und die allmähliche Umgestaltung alter und

Neugestaltung junger Arten in ununterbrochener Entwickelungsreihe ist, mußte natürlich sofort die Anschauung sich Bahn brechen, daß auch der Mensch — als Naturgeschöpf gleich allen übrigen — in dieser Entwickelungsreihe mit inbegriffen sein müsse. Darwin selbst zog aber diese logische Schlußfolgerung viel später, oder trat — richtiger gesagt — mit derselben erst anläßlich des Erscheinens seines Werkes über die Abstammung des Menschen (1871) an die Oeffentlichkeit, und erklärte dies in diesem Werke mit der durch die Klugheit gebotenen Rücksichtnahme auf eingewurzelte Vorurteile und menschliche Schwachheit. Er schrieb damals: „Es schien mir hinreichend, in der ersten Ausgabe meiner „Entstehung der Arten" darauf hinzuweisen, daß durch dies Buch Licht auf den Ursprung des Menschen und seine Geschichte geworfen werden würde, und dies schließt doch den Gedanken ein, daß der Mensch mit anderen organischen Wesen bei jedem allgemeinen Schlusse in Bezug auf die Art seiner Erscheinung auf der Erde inbegriffen sein müsse." — Nachdem aber der Bann der Rücksichten einmal gebrochen war, ging der vorsichtige und gewissenhafte Forscher entschlossen auch bis an den Grenzpfahl vor, der die alte von der modernen Weltanschauung, den Schöpfungsglauben von der Entwickelungslehre scheidet, und entwarf das Bild des mutmaßlichen Stammvaters des Menschengeschlechtes in Zügen, die selbstverständlich nur der Affennatur unter Berücksichtigung derjenigen Merkmale, die am Menschenkörper noch jetzt als Hinweise auf seine stammesgeschichtlichen Beziehungen zu jener erkennbar sind, entlehnt sein konnten. Der Darwin'sche Urmensch — oder vielleicht besser „Vormensch" — stellt sich als ein behaartes Wesen mit beweglichen, spitzen Ohren, Fangzähnen und Greiffüßen dar, der noch das charakteristische Merkmal seiner Abstammung, den Affenschwanz, von welchem dem Menschen der Gegenwart nur ein kleines Skelettanhängsel als letzter Rest geblieben ist, äußerlich sichtbar zur Schau trug; fürwahr kein anziehendes Ahnenbild! Der Darwinismus wurde infolgedessen zum Gegenstand der heftigsten Angriffe, und lange Zeit war in der Laienwelt die Bezeichnung als „Affentheorie" für die Entwickelungslehre landläufig. Das von Darwin entworfene Bild des Urmenschen ist seither in mancher Hinsicht modifiziert worden, und zwar namentlich in dem Sinne, daß man es dem Menschen der Gegenwart näher rückte, oder mit anderen Worten eine viel spätere und darum auch auf viel höherer Entwickelungsstufe stehende Zwischenform als Typus des Vormenschen annahm. Wir werden im nächsten Kapitel den von Häckel konstruierten und von Gabriel Max bildlich veranschaulichten „sprachlosen Affenmenschen" kennen lernen, bei welchem die von Darwin gewissenhaft festgehaltenen Stammeskennzeichen schon sehr in den Hintergrund gerückt und die Merkmale des werdenden Menschentums desto schärfer hervorgehoben sind. Da wir es in beiden Fällen nur mit „Konstruktionen" zu thun haben, so haben beide Urbilder auch gleich viel — oder wenig — Anspruch auf wissenschaftliche Geltung; es sind eben Versuche, aus den gegebenen Anhaltspunkten eine Vorstellung der in Frage kommenden Zwischenformen zu gewinnen, durch die einstweilen — d. h. bis zur thatsächlichen Auffindung dieser Zwischenform — die Lücke im entwickelungsgeschichtlichen Urkundenmateriale hypothetisch ausgefüllt werden soll.

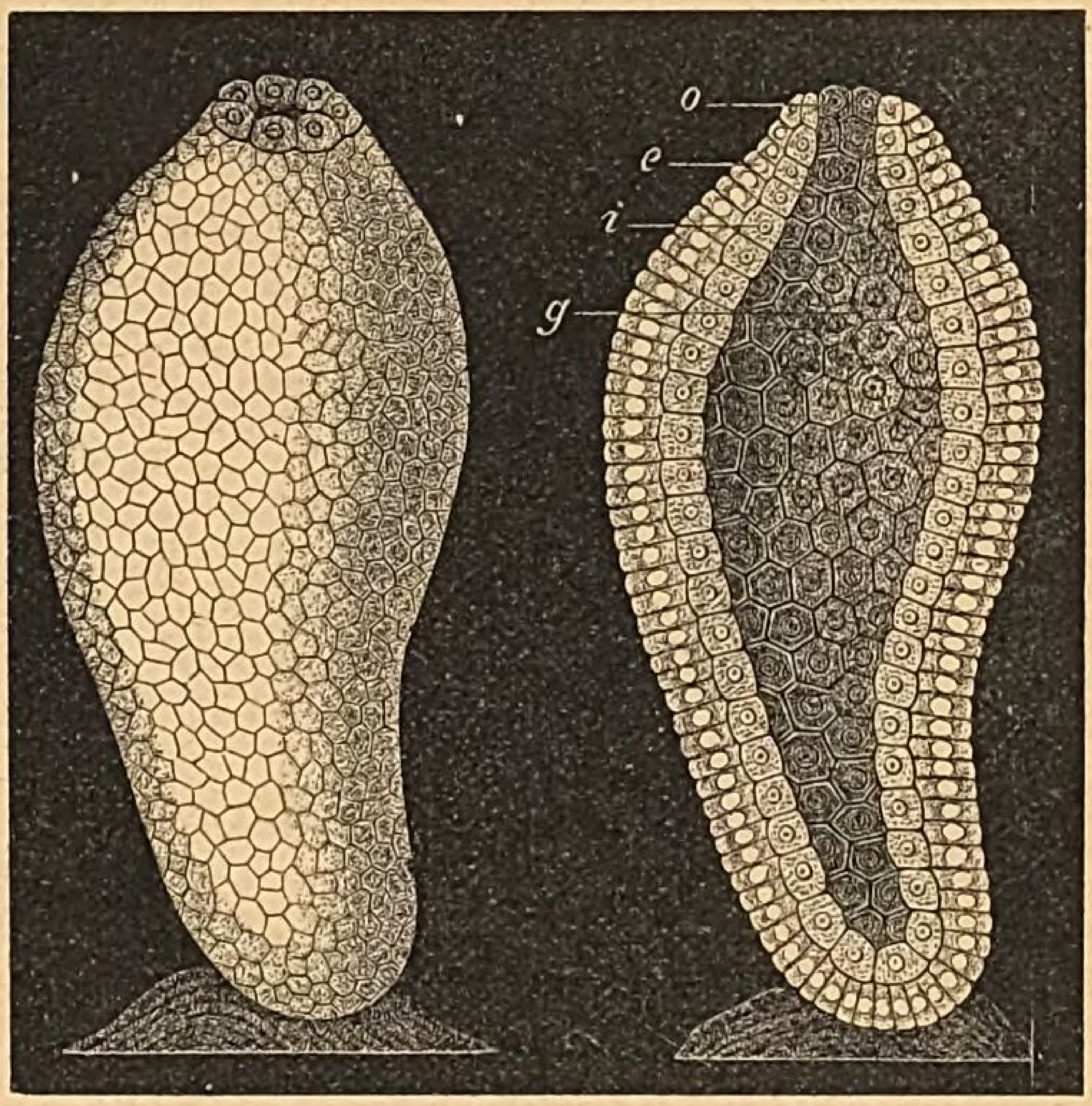
Viertes Kapitel.

Der Stammbaum des Menschengeschlechtes.

Häckel stellt in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ eine „Ahnenreihe“ oder Vorfahrenkette des Menschen auf, die sich — mit Einschluß des Menschen selbst — aus 25 Stufen zusammensetzt. Wir wollen dieselbe im Auszuge hier mitteilen.

Als erste Hälfte der menschlichen Vorfahrenkette führt Häckel die wirbellosen Tiere mit 9 Stufen, als zweite Hälfte die Wirbeltiere mit 16 Stufen an, die er als Glieder einer geschlossenen, den roten Faden sowohl der Stammes-, als auch — abgekürzt — der Keimgeschichte des Menschen bildenden Entwickelungsreihe betrachtet. Die neun Stufen der wirbellosen Menschenahnen verlegt er in die Primordialzeit, die ersteren neun der Wirbeltier-Ahnen in die Primärzeit, die folgenden drei in die Sekundär- und die letzten vier (mit Ausschluß des echten Menschen, der der Quartärzeit angehört) in die Tertiärzeit.

Auf der ersten Ahnenstufe stehen die Moneren und zwar jener Zweig derselben, der aus den Phytomoneren mit vegetalem Stoffwechsel durch Ernährungswechsel entstanden ist, nämlich der Zweig der Zoomoneren mit animalischem Stoffwechsel.



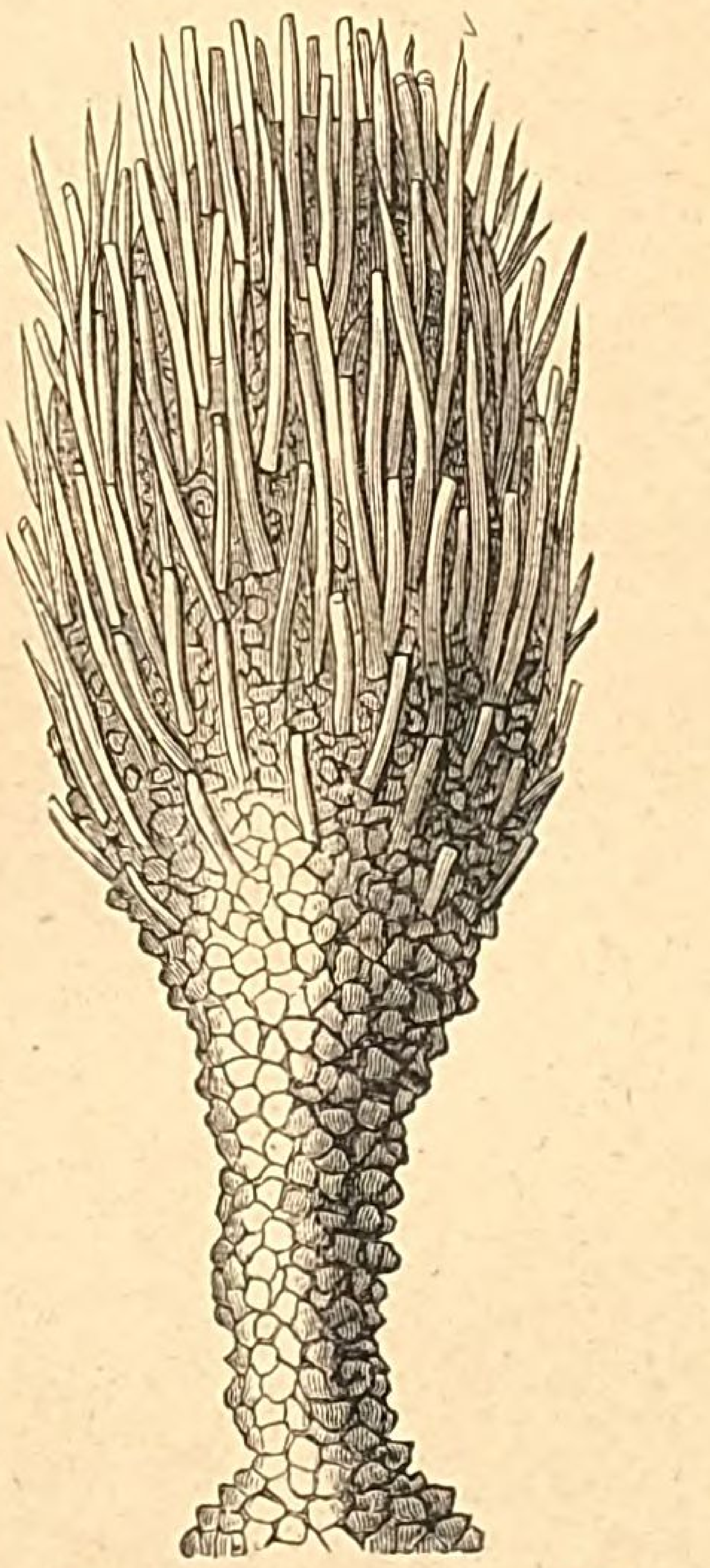
Ascula eines Coelenteriers.
g Urdarm, o Urmund, i Darmblatt, e Hautblatt.

Die zweite Ahnenstufe des Menschen, wie aller höheren Tiere und Pflanzen, wird durch eine einfache Zelle gebildet. Solche „einzellige Organismen“ leben noch heute in großer Menge. Unter diesen besitzen die gewöhnlichen Amöben die einfachste Beschaffenheit; von ihnen werden jene Urahnen nicht wesentlich verschieden gewesen sein. Der Formwert jeder Amöbe ist wesentlich gleich demjenigen, welchen zeitweilig das Ei des Menschen und ebenso das Ei aller anderen Tiere besitzt. Die nackten Eizellen der Schwämme und Polypen kriechen gleich Amöben umher und sind von diesen nicht zu unterscheiden, ebenso die junge Eizelle des Menschen, bevor sie von einer Membran umschlossen wird. Die ersten einzelligen Tiere dieser Art entstanden aus Moneren durch Differenzierung des inneren Kernes und des äußeren Protoplasma, und lebten schon in frühester Primordialzeit.

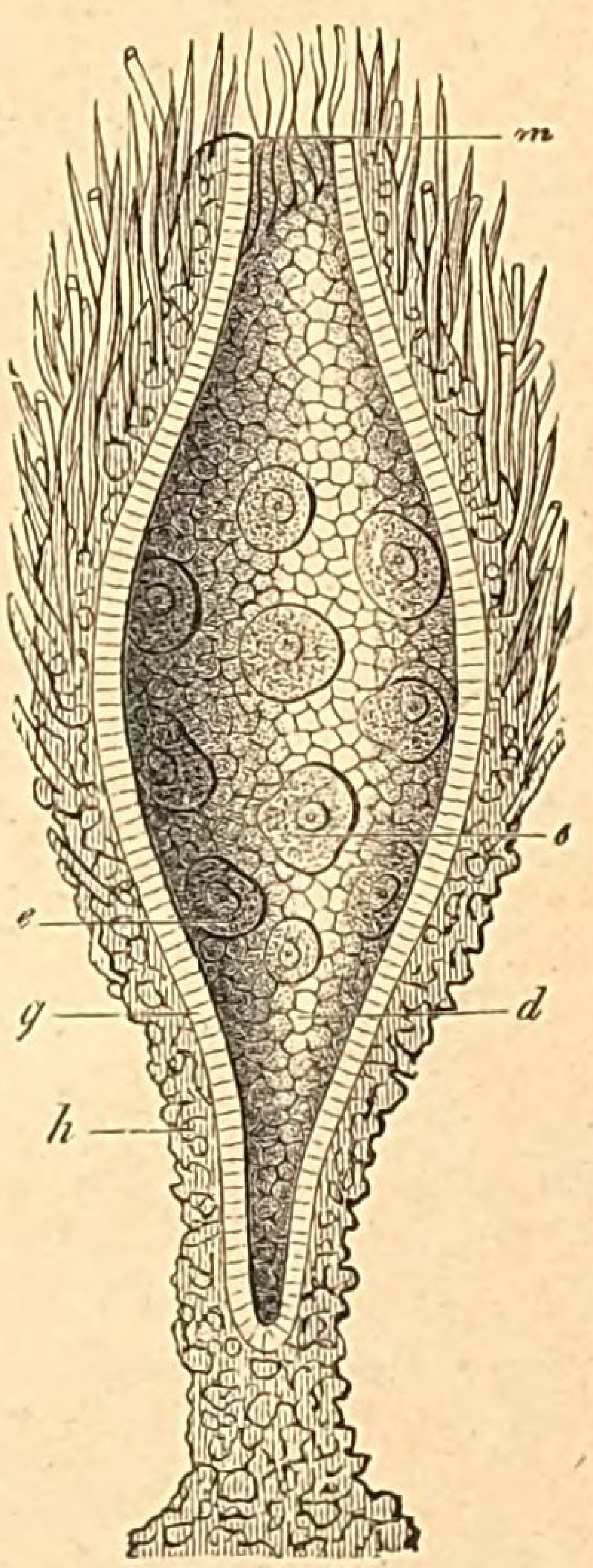
Die dritte Ahnenstufe konstruiert Häckel aus den verwandten Entwickelungsstadien der menschlichen Keimgeschichte und bezeichnet sie als „Zellhorden“ oder Moräaden (maulbeerähnliche Lebewesen), die auch als Amöben-Gemeinden aufgefaßt werden können. Aus ihnen entwickelte sich die

Vierte Ahnenstufe: Hohlkugeln oder Blastäaden. Auch diese Stufe findet in der Keimgeschichte ihr Gegenstück. Aus der Morula oder „Maulbeer-Kugel“ entwickelt sich nämlich im Laufe der Keimung bei sehr vielen Tieren eine mit Flüssigkeit gefüllte Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Zellenschicht besteht. Indem sich im Innern der kugeligen Morula Gallerte oder Flüssigkeit ansammelt, werden die Zellen sämtlich nach der Oberfläche gedrängt. Bei den meisten niederen Tieren — auch bei dem niedrigsten Wirbeltiere (Amphioxus) — bildet diese Keimblase an ihrer Oberfläche haarfeine Fortsätze oder Flimmerhaare, welche sich schlagend im Wasser bewegen und dadurch

den ganzen Körper rotierend umher treiben. Beim Menschen wie bei allen Säugetieren entsteht zwar auch heute noch aus der Morula eine ähnliche Keimhautblase, jedoch ohne Flimmerhaare; diese sind durch Anpassung verloren gegangen. Aber die wesentlich gleiche Bildung der Blastoderm-Hohlkugel, die sich vielfach durch Vererbung erhalten hat, deutet auf eine ebenso gebildete uralte Stammform, die Häckel als Flimmer-Hohlkugel (Blastäa) bezeichnet. Noch heute bilden die merkwürdigen „Kugeltierchen" (Volvocinen und Catallacten) Zellenvereine von derselben Hohlkugel-Form und geben uns eine deutliche Vorstellung von dem einfachen Körperbau unserer laurentischen Blastäaden-Ahnen.



Prophysema primordiale. Die Gestalt des Tierkörpers ist hier in der Weise gegeben, wie sie sich dem Auge des Beschauers in lebendem Zustande darstellt. Man sieht die vollständige Bekleidung der Körperoberfläche mit Sandkörnchen, zwischen denen sich am oberen Teile Schwammnadeln — Skeletteile von Kieselschwämmen — festgesetzt haben.



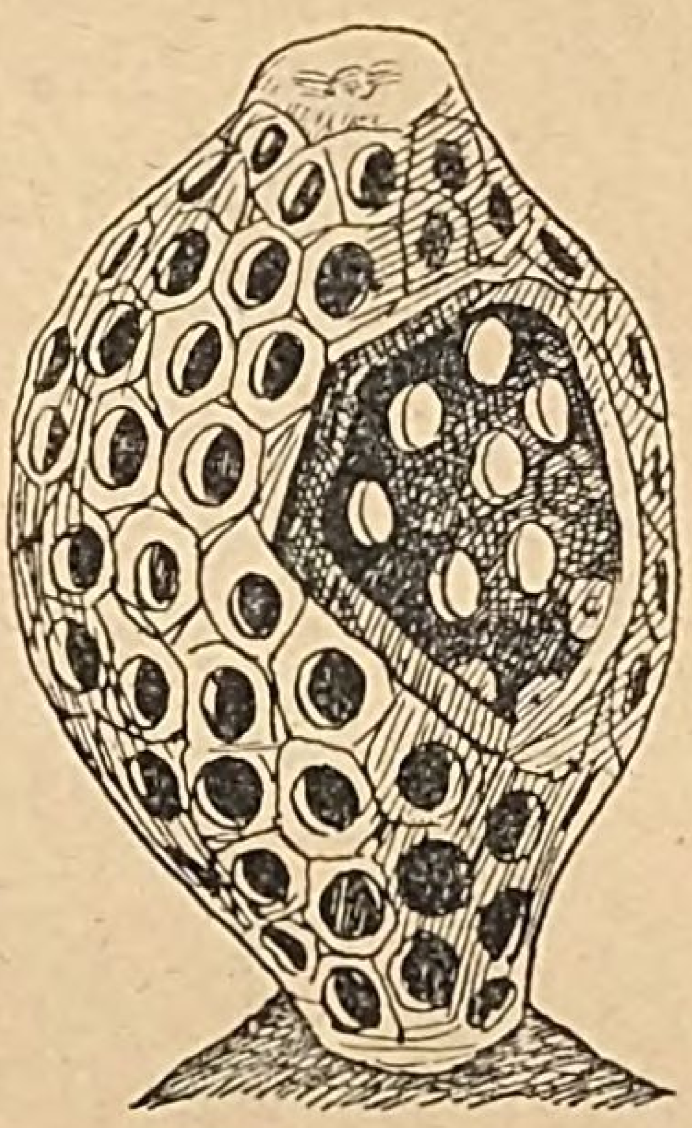
Längsschnitt von Prophysema primordiale. Der Urdarm d öffnet sich oben durch den Urmund (m). Zwischen den Geißelzellen (g) liegen amöboide Eier (e). Das Hautblatt (h) ist unten mit Sandkörnchen, oben mit Schwammnadeln incrustiert.

Fünfte Ahnenstufe: Urdarmtiere oder Gasträaden. Im Laufe der individuellen Entwickelung entsteht sowohl beim Amphioxus, wie bei den verschiedensten niederen Tieren aus der Blastula zunächst die Larvenform, die Darmlarve oder Gastrula. Die zweiblättrige Keimform aller höheren Tiere führt Häckel auf jene Larvenform zurück und zieht daraus den Schluß auf die frühere Existenz einer ebenso gebauten selbständigen Tierform, welche er Urdarmtier oder Gasträa nennt. Der einfache Körperbau dieser Gasträaden entwickelt sich noch heute in den einfachsten lebenden Coelenterien, im Olynthus (vgl. Abb. auf S. 611), der Hydra u. A. Eine noch lebende Gasträadenform, Prophysema primordiale, deren Abbildung wir hier oben geben, glaubt Häckel unbedenklich als eine der der uralten Gasträa nächststehende Form, als „Gasträade der Gegenwart" bezeichnen zu dürfen. Der ganze Körper des reifen Tieres bildet einen einfachen, aus zwei Zellschichten bestehenden Schlauch von Cylinder- oder Eiform, der an der Außenseite eine Menge von Fremdkörpern, wie Sandkörnchen, Schwammnadeln u. s. w. als Schutzdecke aufgenommen hat. Im Gegensatze zu der schwimmenden Gastrula sind diese einfachen Pflanzentiere mit dem hinteren Körperende am Meeresboden festgewachsen. Solche „Gasträaden" müssen schon während der älteren Primordialzeit existiert, und unter ihnen müssen sich auch Vorfahren des Menschen befunden haben.

Sechste Ahnenstufe: Plattentiere oder Platoden. Die aus den Gasträaden hervorgegangenen menschlichen Vorfahren waren Plattentiere einfachster Art. Diesen Platoden stehen wahrscheinlich die niedrigsten Strudelwürmer oder Turbellarien der Gegenwart am nächsten. Von ihren Vorfahren, den Gasträaden, unterscheiden sie sich schon äußerlich durch die zweiseitige Grundform. Sie waren gleich den heutigen Strudelwürmern auf der ganzen Körperoberfläche mit Wimpern überzogen und besaßen einen einfachen, abgeplatteten Körper von länglich runder Gestalt, ohne alle Anhänge. Eine wahre Leibes-

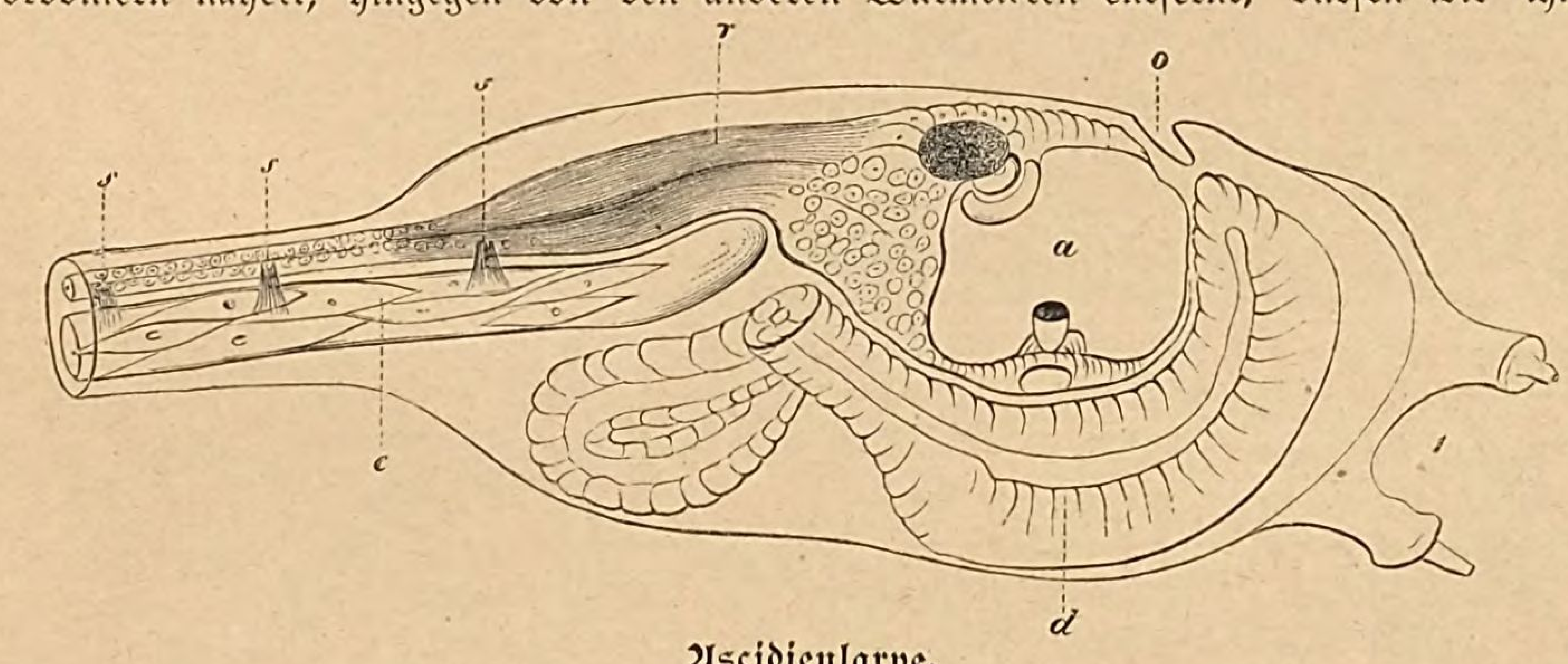
höhle sowie Afteröffnung und Blut waren bei diesen Bilateraten*) noch nicht vorhanden. Sie entstanden wohl schon in früherer Primordialzeit aus den Gasträaden durch Bildung eines primitiven Nervensystems, einfachster Sinnesorgane, Geschlechtsorgane u. s. w.

Siebente Ahnenstufe: Schnurwürmer oder Nemertina. Auf die Platoden-Ahnen, welche wahrscheinlich während der laurentischen Periode durch eine lange Reihe von allmählich fortschreitenden Turbellarien-Formen vertreten waren, läßt Häckel unmittelbar eine Reihe von echten Wurmtieren folgen, von denen die Schnurwürmer im anatomischen Bau den Plattentieren noch so nahe verwandt sind, daß man sie früher geradezu mit ihnen vereinigte. Sie unterscheiden sich indes von diesen sehr wesentlich durch den Besitz eines Afters und eines einfachsten Blutgefäßsystemes; auch beginnt bei ihnen die Anlage einer Leibeshöhle, und einige Zoologen wollen in der Organisation der Nemertinen, z. B. in der Bildung des Nervensystems und Darms, die ersten Andeutungen der späteren Chordonier-Bildung finden, d. h. einer wurmartigen Tierform, die die Vorläufer der Wirbeltiere sind und in der Chorda (Saite) das Urbild der Wirbelsäule besaßen.



Olynthus.

Achte Ahnenstufe: Eichelwürmer oder Enteropneusten. Zwischen den Nemertinen der siebenten und den Prochordoniern der neunten Stufe hat wahrscheinlich während der laurentischen Periode eine Reihe von Wurmtieren existiert, welche allmählich von der einfachen Organisation der ersteren zu der besonderen Bildung der letzteren hinüberführte. Der wichtigste Fortschritt ihrer Organisation bestand in der Bildung des Kiemendarms, in der Verwandlung des Vorderdarmteils in einen charakteristischen „Kiemenkorb mit Flimmerrinne". Einen solchen besitzt unter den uns bekannten Würmern nur eine einzige noch lebende Form, der Eichelwurm. Da dieser auch noch in anderen Beziehungen sich den Chordoniern nähert, hingegen von den anderen Wurmtieren entfernt, dürfen wir ihn mit



Ascidienlarve.

großer Wahrscheinlichkeit als einen letzten isolierten Ueberrest der Darmkiemen-Würmer, jener wichtigen Zwischengruppe zwischen der siebenten und neunten Stufe betrachten.

Neunte Ahnenstufe: Ur-Chordatiere. Unmittelbar an die vorher genannte Würmerform reiht Häckel eine jedenfalls längst ausgestorbene, als gemeinsame Stammgruppe der Manteltiere und Wirbeltiere anzusehende an, die er als Prochordonier oder Ur-Chordatiere bezeichnet. Die hypothetische Stammgruppe, deren Existenz ebenfalls in

*) So nennt Häckel die Stammformen jener großen Gruppe von Tieren, die eine symmetrisch-zweiseitige (bilaterale) Grundform des Körpers aufweisen. Er unterscheidet zwischen diesen Bilateraten, die er auch Obertiere nennt, und den Coelenterien (Hohltieren) oder Niedertieren, denen diese Grundform fehlt, und faßt beide als Metazoen oder vielzellige Tiere zusammen, denen die einzelligen oder Protozoen gegenüberstehen.

die ältesten geologischen Perioden zu verlegen ist, findet eine verwandte Form in den noch heute lebenden Coelomarien*), unter denen die Copelaten (Appendicaria), sowie die ähnlichen Larven der degenerierten Ascidien, die nächsten Verwandten dieser Prochordonier sind. Daß solche Prochordonier-Ahnen des Menschen während der Primordialzeit wirklich existierten, dafür liefert den sicheren Beweis die höchst wichtige Uebereinstimmung, welche die Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidien darbietet, vor allem die bedeutungsvolle, beiden gemeinsame Keimform der Chordula. Sie entwickelten sich aus den Wurmtieren der achten Stufe durch Ausbildung eines Rückenmarks und eines darunter gelegenen Achsenstabes (Chorda). Gerade die Lagerung dieses centralen Achsenstabes, zwischen dem Rückenmark auf der Rückenseite und dem Darmrohr auf der Bauchseite, ist für sämtliche Wirbeltiere mit Inbegriff des Menschen höchst charakteristisch; ebenso aber auch für die Urformen der Manteltiere (Tunicata), für die Copelaten oder Appendicarien, und für die Ascidienlarven.

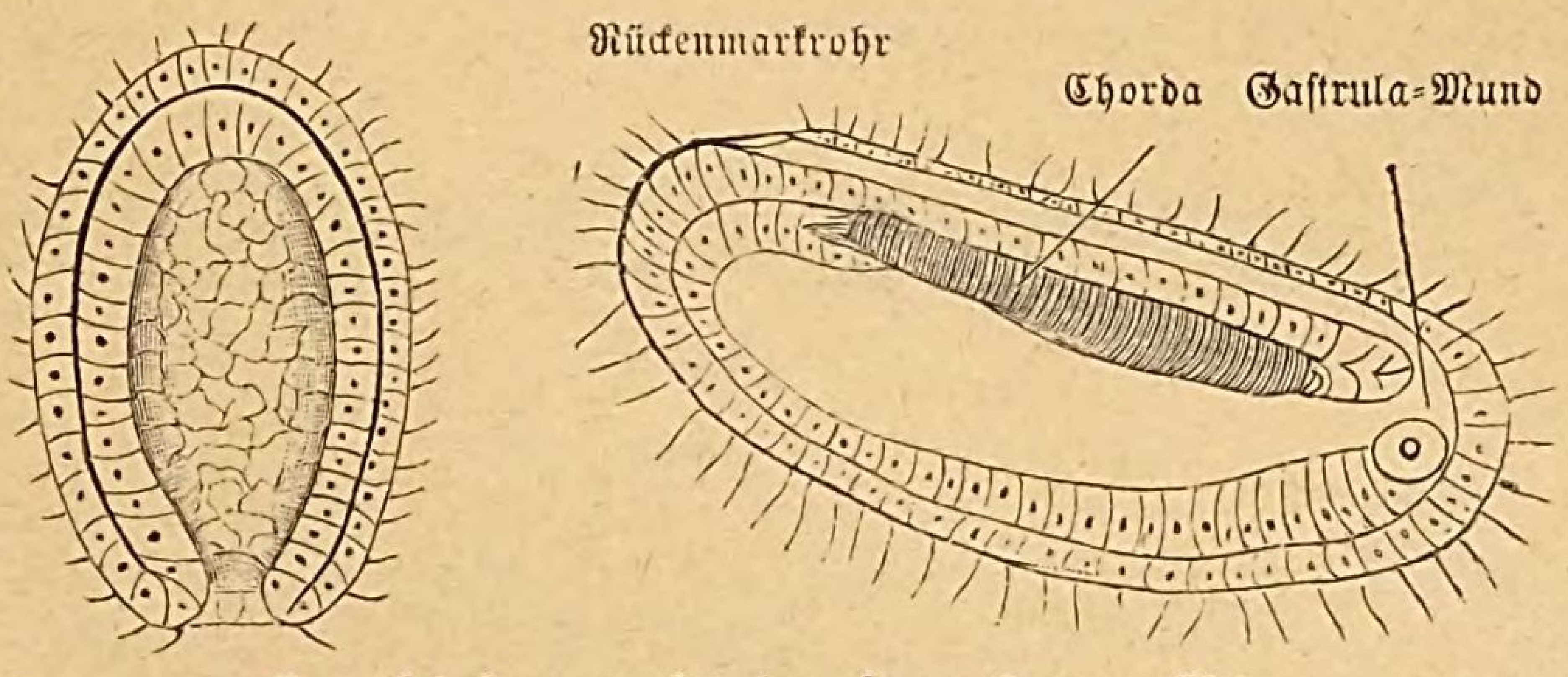
Ueber die hohe Bedeutung, welche die Ascidie als Uebergangsform zwischen Wirbellosen und Wirbeltieren in der Entwickelungsgeschichte hat, schreibt Oskar Schmidt in seinem Buche „Descendenzlehre und Darwinismus" das Folgende, hier abgekürzt Wiedergegebene:

„Wenn auch alle Wirbeltiere hinsichtlich der Anlage des Keimes, sowie der fundamental wichtigen Organe des Rückenmarkes und der Wirbelsäule, unter sich eine ihren verwandtlichen Zusammenhang erweisende Uebereinstimmung zeigten, so schien jedes Kennzeichen ihrer Abstammung von niedrigeren Tieren, wie die Theorie sie unbedingt fordert, zu fehlen. Es schien, mit anderen Worten, bei sämtlichen Wirbeltieren das Andenken an ihre erste Abstammung in der abgekürzten Entwickelung verwischt worden zu sein. So stand es, bis Kowalewsky vor 17 Jahren die Entwickelung des niedrigsten bekannten Wirbeltieres, des Lanzettfisches (Amphioxus) studierte und nachwies, daß bei diesem Tiere den typischen Erscheinungen der Wirbeltierentwickelung Stadien vorausgehen, welche die Theorie verlangt hatte. Nachdem der Amphioxus die Stufe der flimmernden, mit einem Hohlraum versehenen Gastrulalarve durchgemacht, flacht sich die künftige Rückenseite ab, und erheben sich die Wülste, die sich bald darauf zum Rückenmarksrohre schließen, während darunter jener wichtige Zellenstrang entsteht, die Chorda dorsalis oder Rückensaite. Erst hiermit wird der Lanzettfisch zum Wirbeltier, die vorausgehenden Stufen stimmen in Werden und Anlage in der Sonderung der Zellenlagen und in ihrer Totalität mit den Gastrulastadien wirbelloser Tiere überein.

Wir dürfen daher mit vollem Rechte diese frühesten Entwickelungsvorgänge am Amphioxus als eine Erinnerung an die Wurzeln des Wirbeltierstammes ansehen, und dieser direkte Hinweis auf die Abstammung der Wirbeltiere von Wirbellosen wird durch eine zweite, nicht minder wichtige Entdeckung des russischen Naturforschers unterstützt. Es ist die, daß eine Anzahl von Manteltieren aus der Abteilung der Ascidien während ihrer Entwickelung vorübergehend ein Rückenmark und die Anlage der Wirbelsäule besitzen. Der Körper der Ascidienlarve (vgl. Abb. auf S. 611) besteht aus einem Rumpfteil und einem Ruderschwanze. Die vom Rumpfe bei 1 vorstehenden Anhänge sind Haftorgane, mit denen die Larve sich behufs ihrer definitiven Umgestaltung festsetzt; bei o entsteht die Mundöffnung, aus d entwickeln sich Kiemenhöhle und Darmkanal, wobei wir beiläufig hervorheben, daß auch beim Lanzettfisch der Vorderteil des primitiven Darmes zur Kiemenhöhle wird. Die für die Beziehung zu den Wirbeltieren wichtigsten Teile der Ascidienlarve sind aber folgende: Sie besitzt ein wirkliches Rückenmark mit einem blasig aufgetriebenen Gehirn (r a). Anlage und Lage dieses Organs stimmt genau mit den entsprechenden Teilen des Wirbeltieres überein, und Kupfer hat sogar den Ursprung von Nerven entdeckt (s s s), welche die Gleichheit des fraglichen Organs mit dem Rückenmark und den paarigen daraus entspringenden Nerven der Wirbeltiere noch unwiderleglicher machen würden, wenn die Beobachtung sich bestätigte. Wir wissen aber, daß nicht das Rückenmark für sich, sondern seine Verbindung mit der

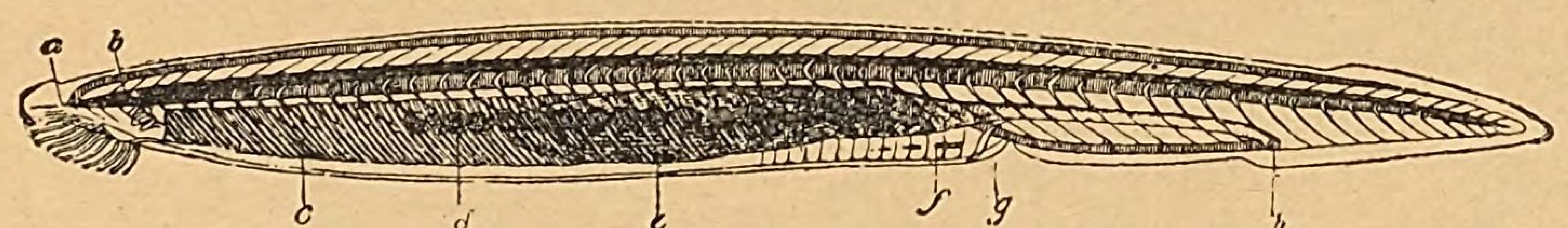
*) Coelomarien nennt Häckel die große Gruppe der Bilateraten, die allgemein eine Leibeshöhle und meistens auch Blut und Blutgefäße besitzen, im Gegensatze zu den Coelenterien, die keine Leibeshöhle, keine Afteröffnung und kein Blut haben.

Wirbelsäule den Charakter des Wirbeltieres ausmacht. Diese Wirbelsäule besitzt als Rückensaite auch die Ascidienlarve (c), und wie beim Wirbeltiere schiebt sich diese embryonale Wirbelsäule zwischen Darm und Rückenmark ein. Bis hierher geht die Uebereinstimmung, dann aber wird die Entwickelung dieser für das Wirbeltier wichtigsten Teile bei der Ascidie eine rückgängige. Der Ruderschwanz mit dem in ihm enthaltenen Rückenmarke und der Saite wird, indem das Tier sich festsetzt, abgeworfen, das viel versprechende Larvengehirn schrumpft zu einem unansehnlichen Nervenknoten zusammen und das fertige Tier läßt keine Ahnung von einem Anschluß an die Wirbeltiere aufkommen.



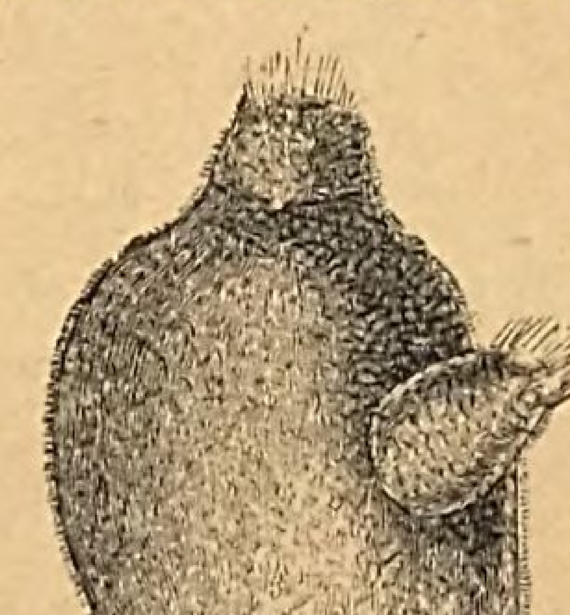
Entwickelungszustände eines Lanzettfisches.
Links sehen wir die Gastrulalarve mit der Mundöffnung, rechts die Entwickelung der Rückensaite (Chorda) als dunkler gehaltene Anlage, und darüber (links oben) die Oeffnung des Rückenmarkrohres, darunter (rechts) den Gastrulamund.

Der Amphioxus, welcher an verschiedenen Küsten an seichten Stellen im Sande lebt und z. B. bei Messina täglich zu Tausenden gefangen werden kann, wird 5 bis 6 cm lang, ist fischartig zusammengedrückt, an beiden Enden zugespitzt und im lebenden Zustande fast durchscheinend. Er besitzt keine Spur von Extremitäten, am Schwanzende nur ein paar feine Hautsäume, die Andeutung von Rücken- und Afterflosse, und ist in seinem



Amphioxus.
a Vorderende der Chorda. b Vorderende des Markrohres. c Kiemenkorb. d—f Verdauungstrakt des Darmrohres. e Magengegend. g Kiemenloch für den Abfluß des Atmungswassers. h After.

Innenbau so einfach, daß er mit Unrecht gewöhnlich als Fisch bezeichnet wird. Sein Skelett beschränkt sich auf die Chorda und feine Knorpelstäbchen an Mund und Kiemen. Er hat kein Gehirn, außer einer vielleicht als Geruchsorgan zu deutenden wimpernden Grube kein Sinneswerkzeug, sein Herz ist schlauchförmig. Und so besteht zwischen ihm und den übrigen eigentlichen Fischen ein so weiter Abstand, daß die Möglichkeit offen bleibt, daß die Fische einen anderen Entwickelungsgang als durch amphioxusartige Stadien zurückgelegt haben."

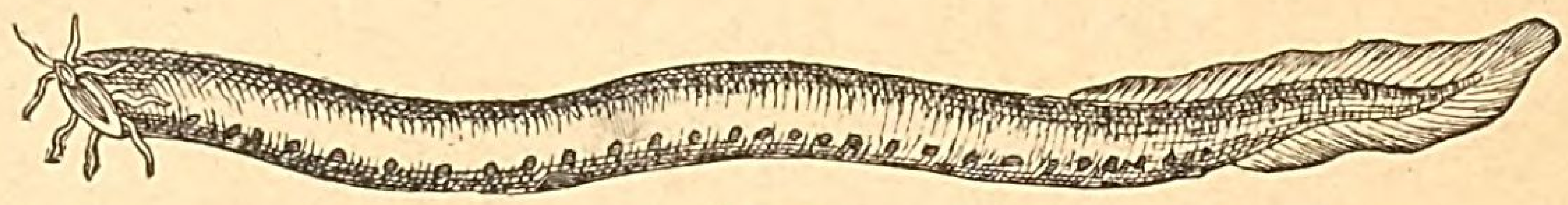


Ausgewachsene Ascidie.

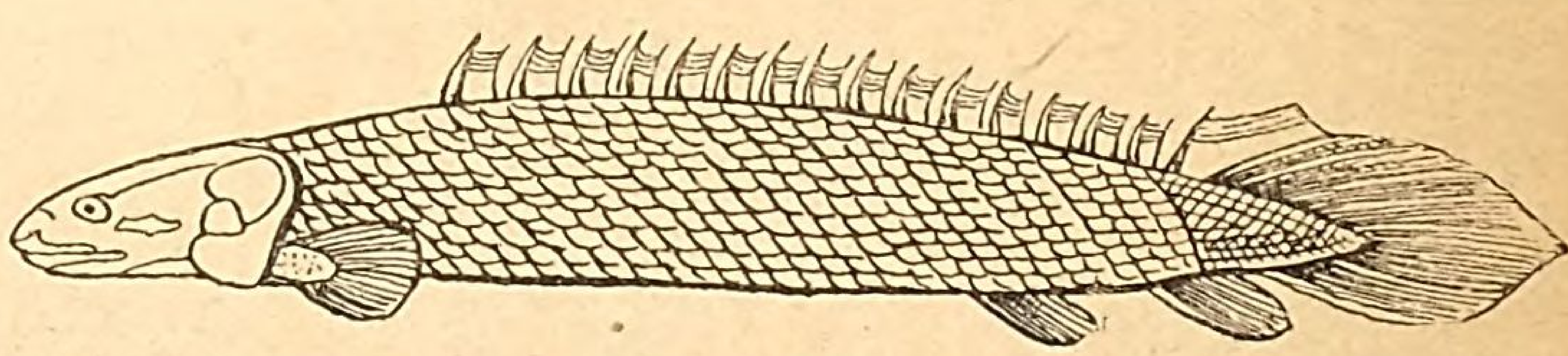
Die Reihe der menschlichen Wirbeltierahnen eröffnet Häckel mit der zehnten Ahnenstufe der Schädellosen oder Acranier, von deren Beschaffenheit uns das Lanzetttierchen (Amphioxus) natürlich nur eine entfernte Vorstellung geben kann. Da, wie wir gesehen haben, dieser Lanzelot in seinen frühesten Embryonalzuständen ganz mit den Ascidien übereinstimmt, durch seine weitere Entwickelung sich aber als echtes Wirbeltier zeigt, vermittelt er von seiten der Wirbeltiere den unmittelbaren Zusammenhang mit den Wirbellosen. Vermutlich sind die menschlichen Vorfahren der zehnten Stufe in vielen Beziehungen von dem Amphioxus als dem letzten überlebenden und teilweise degenerierten Reste der Schädellosen ziemlich verschieden gewesen; aber sie müssen ihm doch in den wesentlichsten Eigentümlichkeiten, in dem Mangel an Schädel und Gehirn geglichen haben. Schädellose von ähnlicher Bildung, aus denen die Schädel-

tiere erst später sich entwickelten, waren die hypothetischen Urwirbeltiere (Provertebrata). Sie lebten während der Primordialzeit und entstanden aus ungegliederten Prochordoniern der neunten Stufe durch innere Gliederung des verlängerten Körpers (Bildung von Metameren oder Rumpf-Abschnitten).

Elfte Ahnenstufe: Rundmäuler oder Cyclostomen. Aus den schädellosen Vorfahren des Menschen gingen zunächst Schädeltiere oder Cranioten von der unvollkommensten Beschaffenheit hervor. Unter allen heute noch lebenden Schädeltieren nimmt die tiefste Stufe die Klasse der Rundmäuler oder Cyclostomen, Inger und Lampreten ein. Wie bei diesen, so wird auch bei den Vorfahren der elften Stufe Schädel und Gehirn noch von der einfachsten Form gewesen sein; viele wichtige Organe, wie z. B. Schwimmblase, Kieferskelett, innere Kiemenbogen, Rippen und beide Beinpaare haben noch völlig gefehlt. Die Nase war unpaar (daher Häckel sie auch Unpaarnasen nennt). Dagegen sind die Beutelkiemen und das runde Saugmaul der heutigen Cyclostomen wohl als Anpassungscharaktere zu betrachten, welche bei der entsprechenden Ahnenstufe nicht vorhanden waren. Diese entstand während der Primordialzeit aus den Schädellosen dadurch, daß das vordere Ende des Rückenmarks sich zum Gehirn umbildete und rings um dieses letztere sich ein Schädel aus der Chordascheide entwickelte.

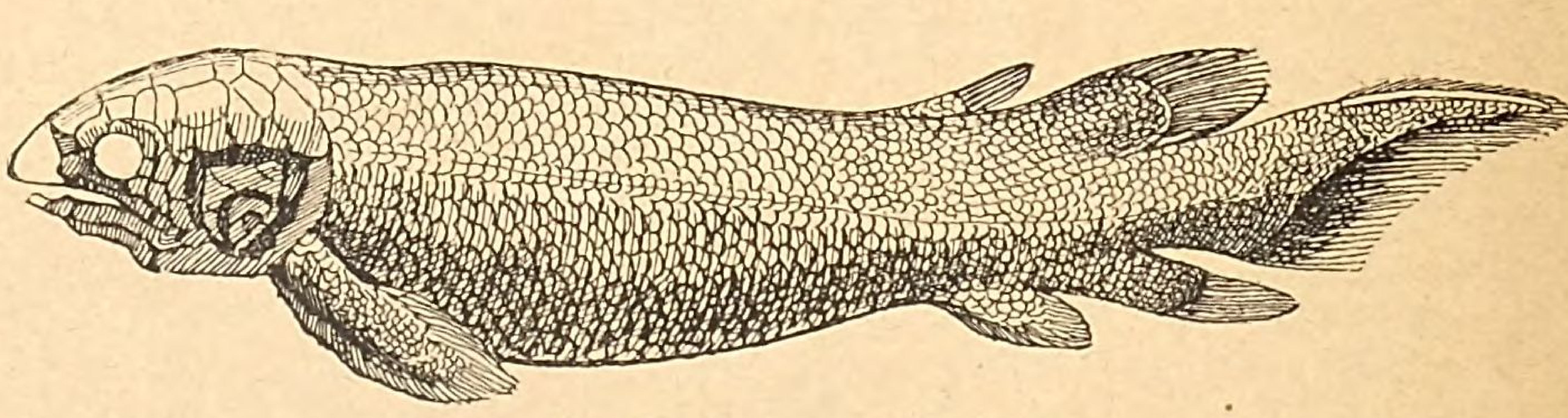


Inger.



Quastenfisch aus dem oberen Nil.

Zwölfte Ahnenstufe: Urfische oder Selachier. Die Urfischahnen zeigten unter allen uns bekannten Wirbeltieren wahrscheinlich die meiste Aehnlichkeit mit den paläozoischen Proselachiern und demnächst mit den heute noch lebenden Haifischen. Sie entstanden aus den Unpaarnasen durch Teilung der unpaaren Nase in zwei paarige Seitenhälften, durch Bildung von inneren echten Kiemenbogen und Rippen, eines Kieferskeletts, einer Schwimmblase und zweier Beinpaare (Brustflossen oder Vorderbeine, und Bauchflossen oder Hinterbeine). Die innere Organisation wird im ganzen derjenigen der niedrigsten uns bekannten Haifische

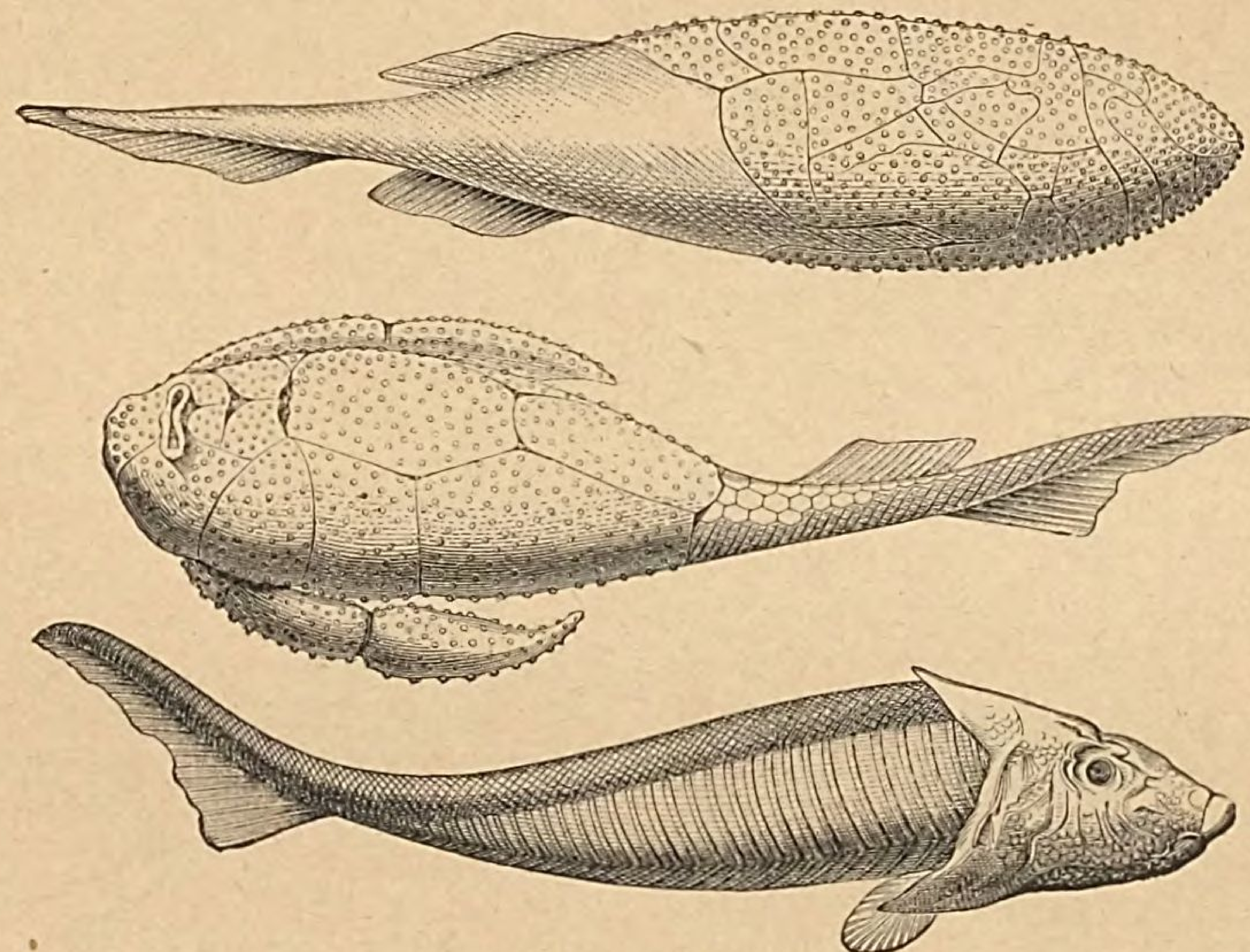


Fossiler Lurchfisch (Dipterus Valenciennesi) aus dem Devon.

entsprochen haben; doch war die Schwimmblase, die bei diesen nur als Rudiment noch existiert, wahrscheinlich stärker entwickelt. Sie lebten bereits in der Silurzeit, wie sich aus den fossilen silurischen Haifischresten (Zähnen und Flossenstacheln) ergiebt.

Dreizehnte Ahnenstufe: Schmelzfische oder Ganoiden. Diese den ältesten Urfischen sehr eng verbundene Unterklasse der Fische war im paläozoischen Zeitalter durch

äußerst zahlreiche und mannigfaltige Formen vertreten, während heute nur noch vereinzelte Reste derselben existieren. Unter sich sind die einzelnen Gruppen der Ganoiden sehr verschieden. Die einen erscheinen als sehr alte Typen, nahe verwandt den Selachiern (so der heutige Stör und Sterlet). Andere wieder gehören zu den höchst entwickelten Fischen. Eine Gruppe bildet unmittelbar den Uebergang zu den Knochenfischen. Eine andere Gruppe enthält vielleicht Bestandteile der direkten menschlichen Ahnenreihe. Das sind die merkwürdigen Quastenflosser. Sie sind den Lurchfischen so nahe verwandt, daß manche Zoologen sie geradezu mit diesen vereinigen. Da sie durch bedeutende Fortschritte in der Skelettbildung (sowohl des Schädels als der Flossen) in der That eine Zwischenstufe zwischen Selachiern und Dipneusten zu bilden scheinen, so können wir auch mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß silurische und devonische Ganoiden zu den menschlichen Ahnen gehören.



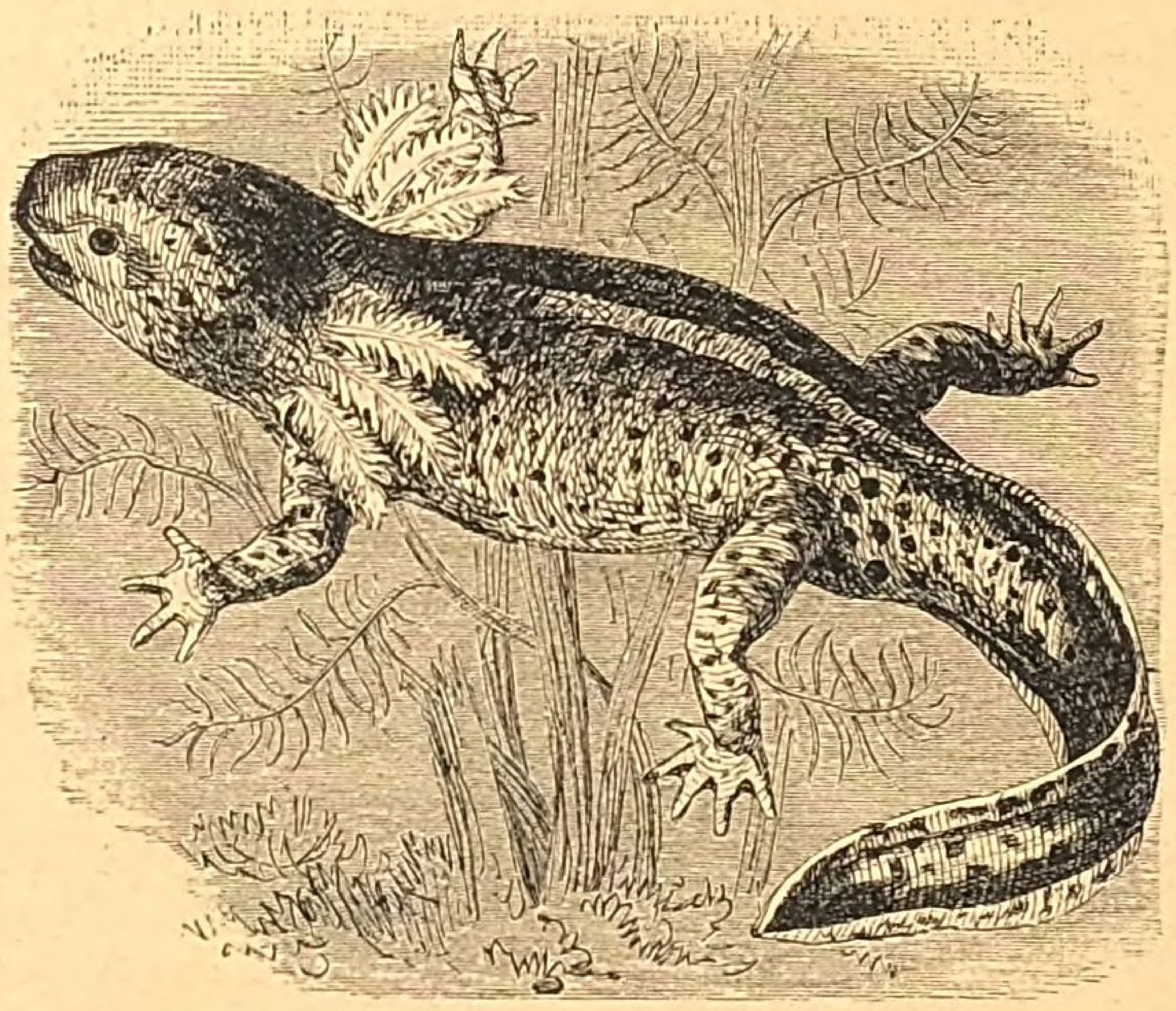
Verschiedene Ganoiden.

Vierzehnte Ahnenstufe: Lurchfische oder Dipneusten. Diese Ahnenstufe war von Wirbeltieren gebildet, welche wahrscheinlich viel Aehnlichkeit mit den heute noch lebenden Molchfischen besessen haben. Sie entstanden aus den Schmelzfischen (wahrscheinlich in der Devonperiode) durch Umbildung der Schwimmblase zu einer luftatmenden Lunge, sowie der Nasengruben zu Luftwegen. Mit dieser Stufe begann die Reihe der durch Lungen luftatmenden Vorfahren des Menschen. Sie lebten wohl schon im Beginn der devonischen Zeit. Den Beweis für ihre Existenz führt die vergleichende Anatomie, indem sie in den Dipneusten ein Mittelglied zwischen den Ganoiden und Amphibien nachweist.

Fünfzehnte Ahnenstufe: Urlurche. Aus denjenigen Lurchfischen, welche wir als die Stammformen aller lungenatmenden Wirbeltiere betrachten, entwickelte sich als wichtigste Hauptlinie die Klasse der vierfüßigen Lurche oder Amphibien. Mit ihnen begann die fünfzehige Fußbildung, die sich von da auf die höheren Wirbeltiere und zuletzt auch auf den Menschen vererbte. Unsere ältesten Vorfahren aus der Amphibienklasse waren kiementragende Schuppenlurche (Branchiosaurier). Sie behielten neben den Lungen noch zeitlebens bleibende Kiemen, ähnlich dem heute noch lebenden Proteus und Menobranchus. Sie entstanden aus den Dipneusten durch Umbildung der rudernden Fischflossen zu fünfzehigen Beinen, und durch höhere Differenzierung verschiedener Organe, namentlich der Wirbelsäule. Jedenfalls existierten sie um die Mitte der paläozoischen Zeit, vielleicht schon in der devonischen Periode.

Noch heute giebt es eine Art Kiemenlurche, die sich regelmäßig auf dieser Larvenstufe fortpflanzt: es ist dies der mexikanische Axolotl. Höchst interessant ist, wie Oskar Schmidt in seiner „Descendenzlehre“ schreibt, August Dumerils Beobachtung, daß von den Tausenden von Axolotls, welche er in Paris zog, einzelne über das bisher bekannte Stadium ihrer Entwickelung hinausgingen, nämlich ihre Kiemen verloren, ihre Körpergestalt nicht unwesentlich veränderten und aus Kiemenatmern und Wassertieren zu Lungenatmern und Landtieren

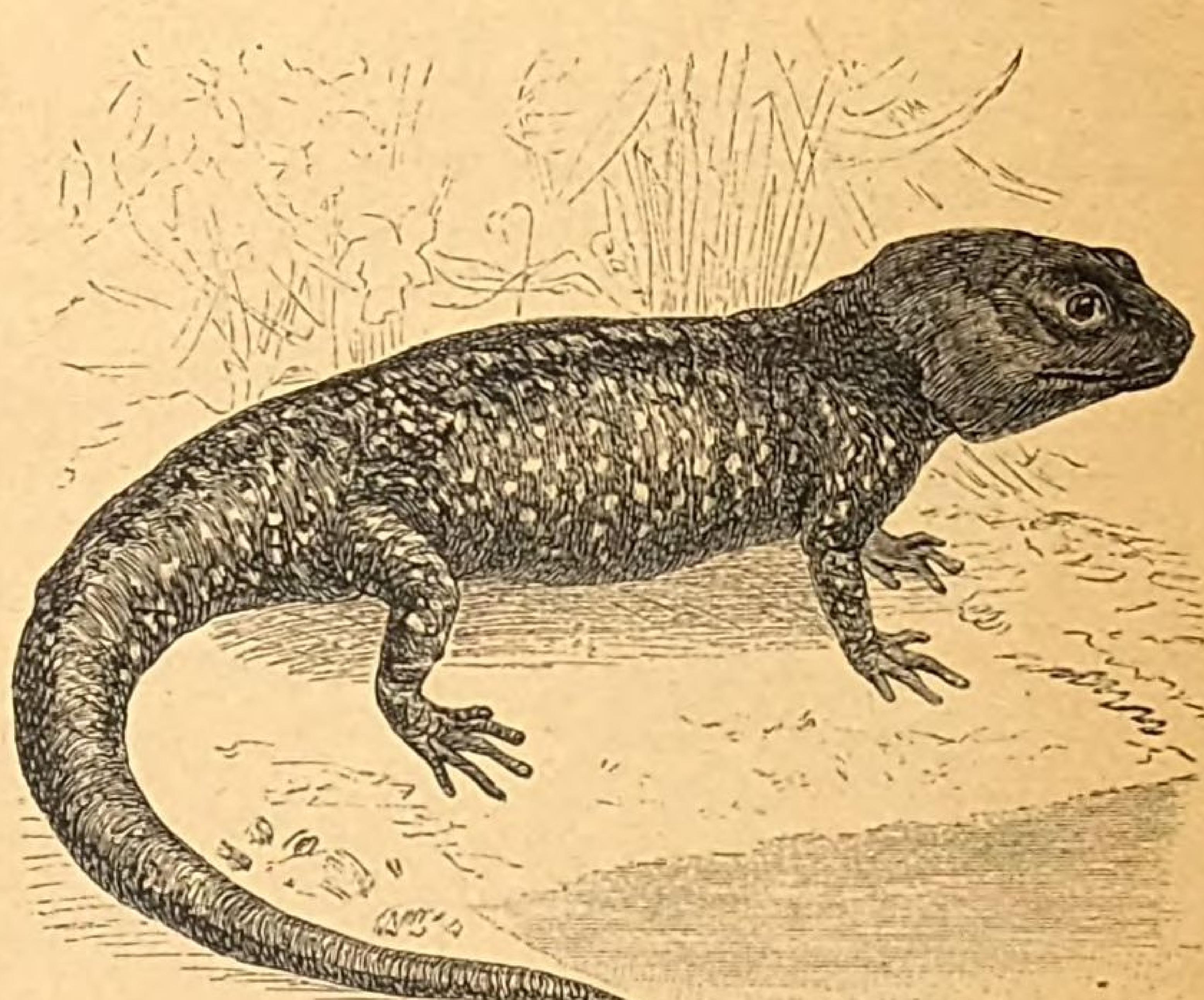
wurden. Es bedarf der weiteren Forschung, ob nicht etwa, was jedoch unwahrscheinlich, in ihrer Heimat alle Axolotls, nachdem sie sich schon im Larvenzustande fortgepflanzt, die Metamorphose zu molchartigen Tieren (Amblystomen) durchmachen, oder ob die Versetzung nach Europa und die damit verbundene gänzliche Veränderung der Lebensverhältnisse den Anstoß zu einer fortschreitenden Umwandlung jener einzelnen Individuen gegeben, welche unter Andauer dieser Bedingungen in spätern Generationen auf immer mehr Individuen sich ausdehnen und schließlich der Art, als einer neuen, eigentümlich werden würde."



Axolotl.

Sechzehnte Ahnenstufe: Schuppenlurche oder Stegocephalen. Auf unsere ältesten amphibischen Vorfahren, die zeitlebens ihre Kiemen behielten, folgten späterhin andere Stegocephalen, welche durch Metamorphose im späteren Alter die in der Jugend noch vorhandenen Kiemen verloren, aber den Schwanz behielten, ähnlich den heutigen Salamandern und Molchen. Sie entstanden aus den Kiemenlurchen dadurch, daß sie sich daran gewöhnten, nur noch in der Jugend durch Kiemen, im späteren Alter aber bloß durch Lungen zu atmen. Sie bilden das notwendige Mittelglied zwischen den Urlurchen und der

siebzehnten Ahnenstufe der Proreptilien oder Protamnioten. Diese entstanden aus den permischen Stegocephalen durch gänzlichen Verlust der Kiemen, Bildung des Amnion, der Schnecke und des runden Fensters im Gehörorgan und der Thränenorgane. Ihre Entstehung fällt spätestens in den letzten Abschnitt der Primärzeit, in die permische Periode, vielleicht schon in die Steinkohlenzeit. Unter den bekannten fossilen Wirbeltieren stehen ihnen am nächsten die permischen Stammreptilien, unter den noch jetzt lebenden die auf S. 618 abgebildete Brückenechse von Neuseeland, von deren Stammverwandten aus dem Perm ein Schädel ebenda abgebildet ist.

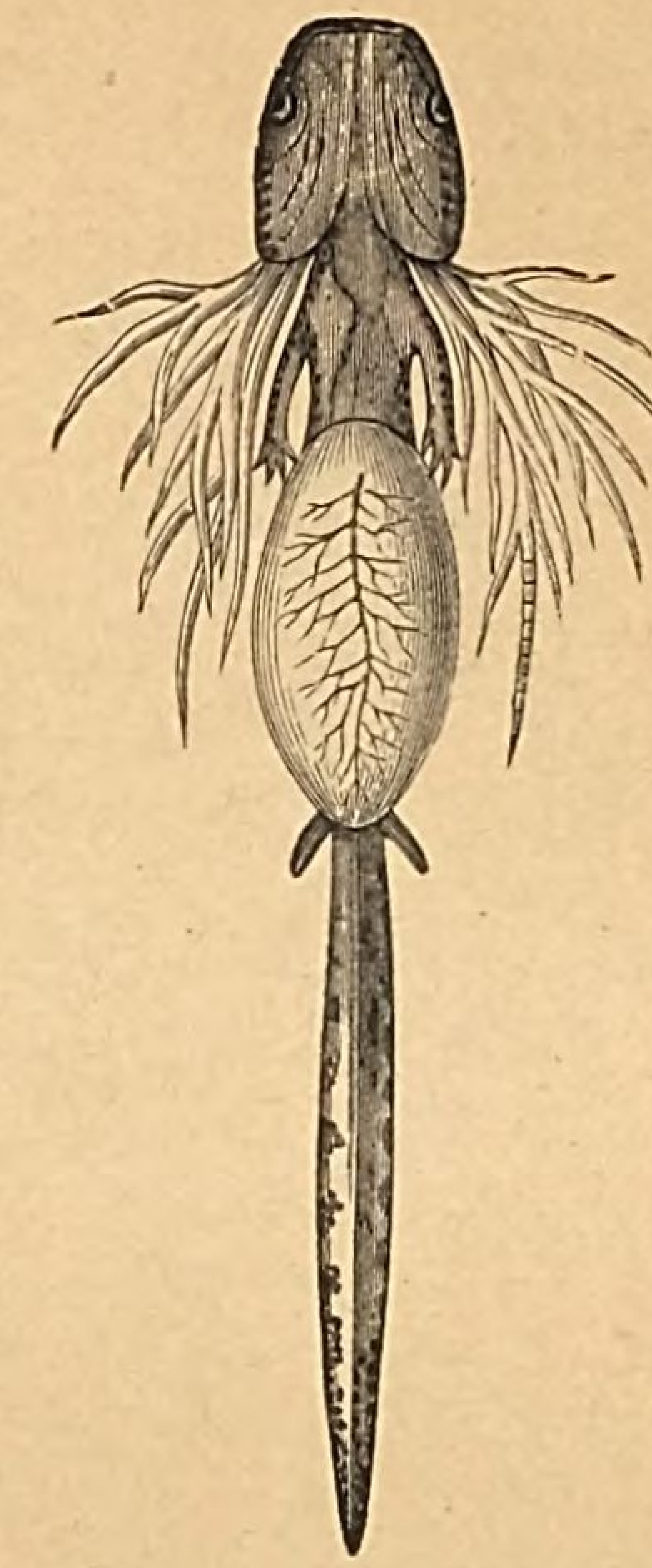


Amblystoma.

Achtzehnte Ahnenstufe: Säuger-Reptilien oder Sauromammalia. Zwischen den Proreptilien oder Protamnien — als der ältesten gemeinsamen Stammgruppe aller Amnioten — und den Promammalien — als gemeinsamer Stammgruppe der Säugetiere — muß eine Reihe von ausgestorbenen Reptilien liegen, welche die stufenweise Umbildung der Reptilienform in die Mammalienform vermittelten. Diese Umbildung betraf einerseits hauptsächlich das Skelett (Schädel, Kiefer, Wirbelsäule, Schultergürtel, Beckengürtel),

andererseits das Gehirn und das Herz. Da die ältesten Säuger schon in der Trias erschienen, muß jene wichtige Umbildung schon im Beginn dieser Periode, oder in der vorhergehenden permischen Periode stattgefunden haben.

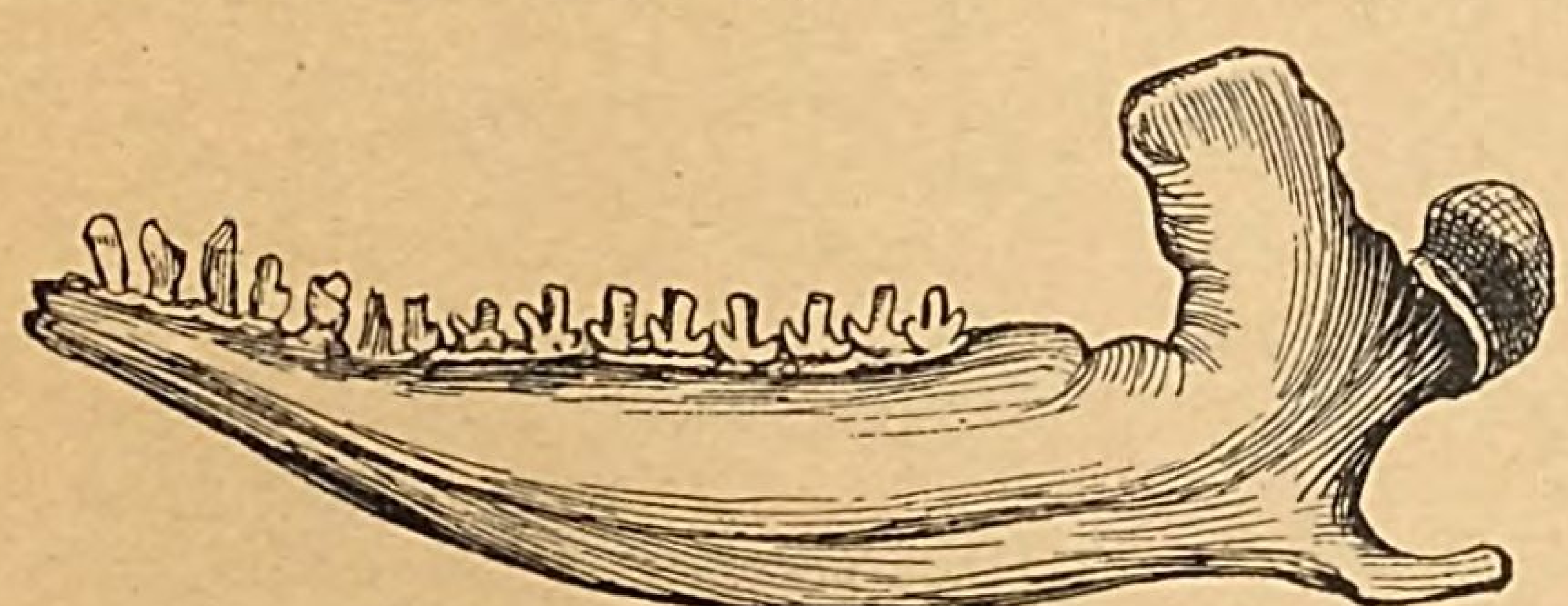
Neunzehnte Ahnenstufe: Stammsäuger oder Promammalia. Unsere Vorfahren von dieser bis zur vierundzwanzigsten Stufe gehören alle der Klasse der Säugetiere an, deren Grenze auch wir selbst bis jetzt noch nicht überschritten haben. Die gemeinsame, längst ausgestorbene und unbekannte Stammform aller Säugetiere, die wir als Promammalia bezeichnen, waren jedenfalls ein Monotrem, und stand im inneren Körperbau unter allen jetzt noch lebenden Formen den Schnabeltieren am nächsten. Jedoch war sie von letzteren durch vollständige Bezahnung des Gebisses verschieden. Die Schnabelbildung der heutigen Schnabeltiere ist jedenfalls als ein später entstandener Anpassungscharakter zu betrachten. Sie entstanden aus Sauromammalien wahrscheinlich erst im Beginn der Sekundärzeit, in der Triasperiode, durch mancherlei Fortschritte in der inneren Organisation, sowie durch Ausbildung von Haaren und Milchdrüsen.



Larve des gefleckten Erdsalamanders.

In der Mitte der Larve tritt noch ein Dottersack aus dem Darm hervor; die beiden Beinpaare sind noch sehr klein. In dieser Jugendform gleichen diese Amphibien noch sehr ihren Vorfahren, den Kiemenlurchen.

Zwanzigste Ahnenstufe: Beuteltiere oder Marsupialia. Die drei Unterklassen der Säugetiere stehen derart im Zusammenhang, daß die niederen Beuteltiere den unmittelbaren Uebergang zwischen den Monotremen und Placentaltieren vermitteln. Daher müssen sich auch Vorfahren des Menschen unter jenen Beuteltieren befunden haben. Sie entstanden aus den älteren Monotremen durch Trennung der Kloake in Mastdarm und Urogenitalabschnitt, durch Bildung von Brustwarzen an der Milchdrüse und durch teilweise Rückbildung der Rabenbeine. Die ältesten Beuteltiere lebten vielleicht schon in der Triaszeit und durchliefen eine Reihe von Stufen, welche die Entstehung der Placentalien während der Kreideperiode vorbereiteten. (Vergl. die Abb. auf S. 619.)



Unterkiefer eines Promammals
aus der Jurazeit. (Doppelte Größe.)

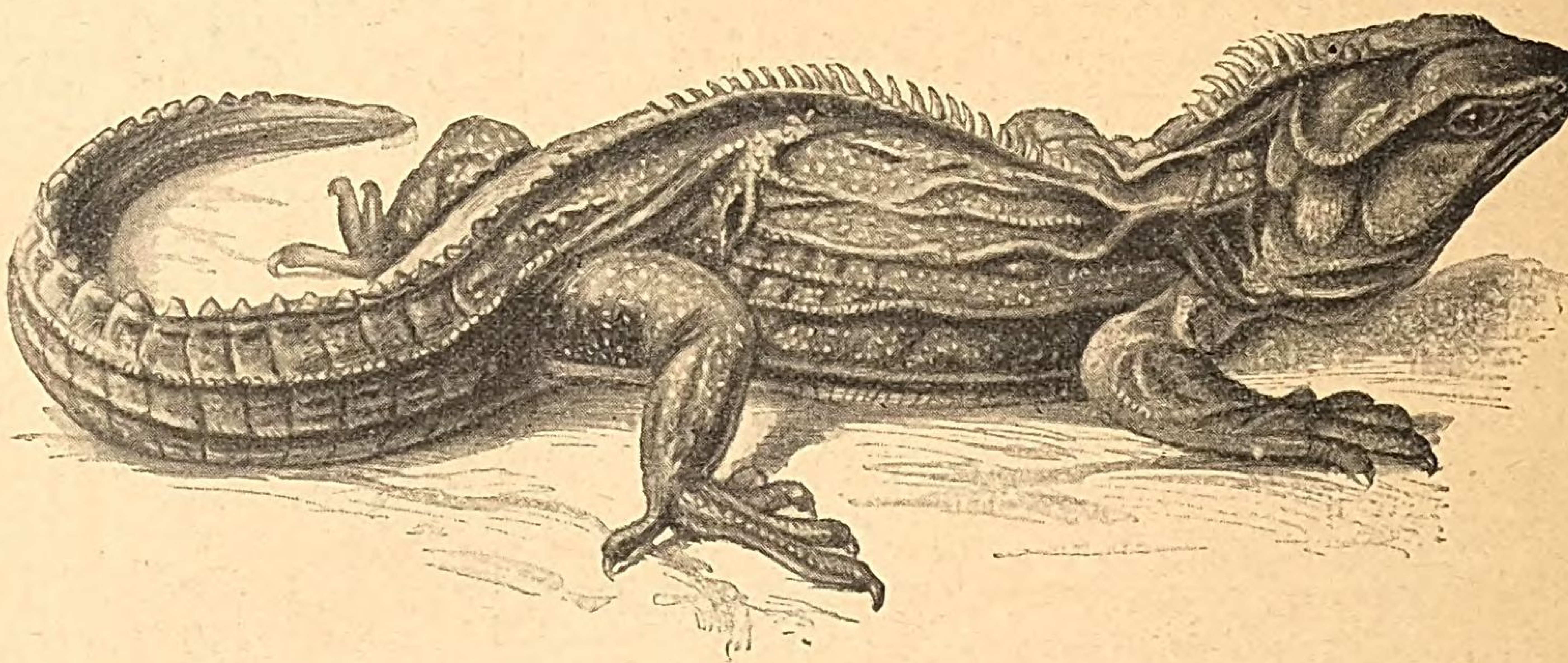
Einundzwanzigste Ahnenstufe: Halbaffen oder Prosimiae. Die kleine Gruppe der Halbaffen oder Lemuren bildet eine der wichtigsten und interessantesten Ordnungen unter den Säugetieren. Ihre ältesten Vertreter aus dem Untereocän stehen den ältesten Stammformen der anderen Placentalien-Ordnungen noch sehr nahe. Unsere Halbaffenahnen besaßen vermutlich entfernte äußere Aehnlichkeit mit den heute noch lebenden kurzfüßigen Halbaffen, namentlich den Maki, Indri und Lori. Sie entstanden (wahrscheinlich in der Kreideperiode, vielleicht erst im Beginn der Tertiärzeit) aus Beuteltieren der zwanzigsten Ahnenstufe, durch Bildung einer Placenta, Verlust des Beutels und der Beutelknochen und durch stärkere Entwickelung des Schwielenkörpers im Gehirn. (Vergl. die Abb. auf S. 620.)



Unterkiefer eines Promammals
aus der Trias. (Doppelte Größe.)

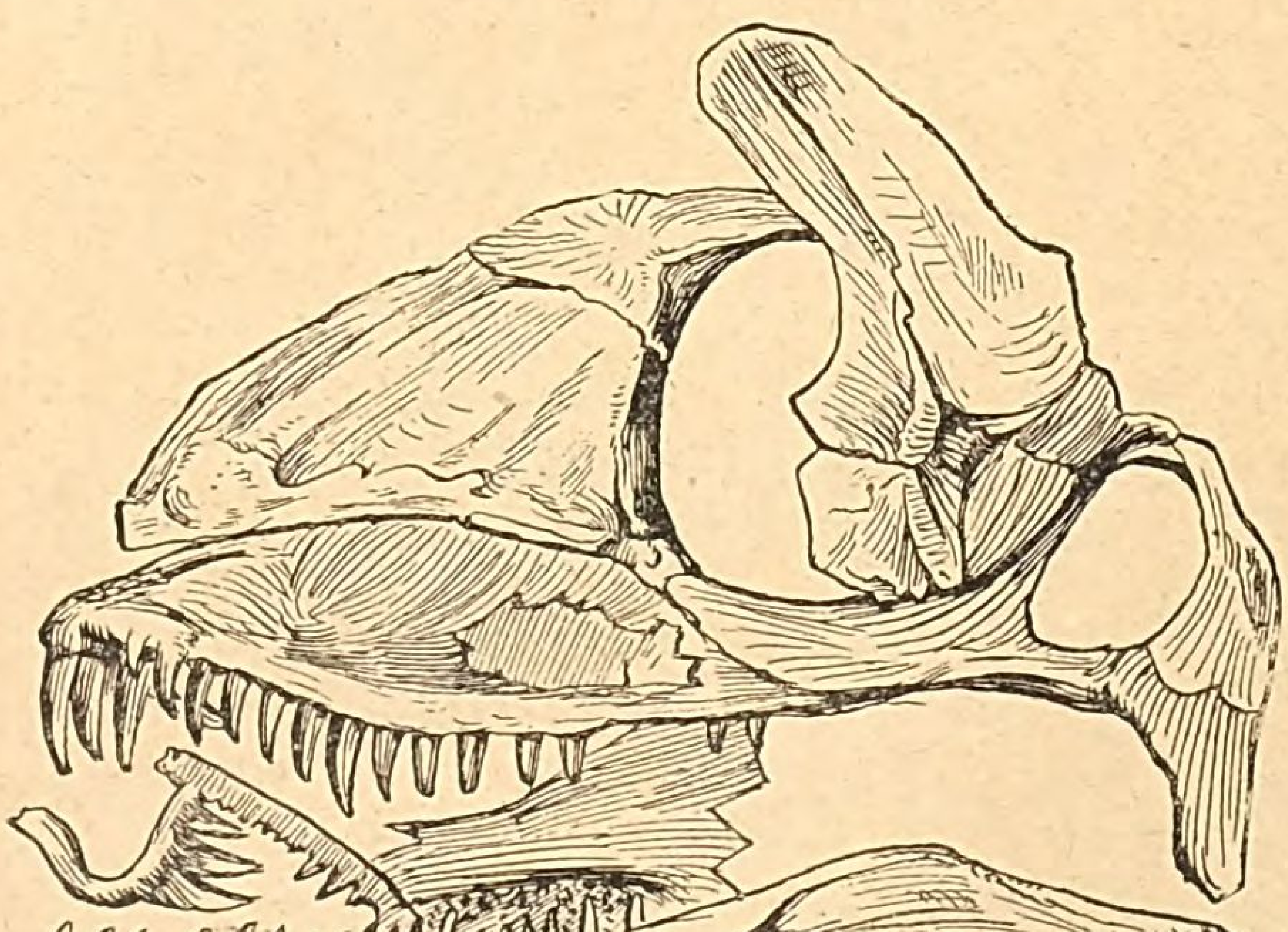
Zweiundzwanzigste Ahnenstufe: Hundsaffen oder Cynopitheca. Unter

den beiden Abteilungen der echten Affen (Simiae), die sich aus den Halbaffen entwickelten, besitzt nur diejenige der Schmalnasen oder Catarhinen nähere Blutsverwandtschaft mit dem Menschen. Unsere älteren Vorfahren aus dieser Gruppe waren vielleicht ähnlich den



Brückenechse.

heute noch lebenden Nasenaffen und Schlankaffen, mit demselben Gebiß und derselben Schmalnase wie der Mensch, aber noch mit dichtbehaartem Körper und einem langen Schwanze. Diese geschwänzten schmalnasigen Affen entstanden aus den Halbaffen durch Umbildung des Gebisses und Verwandlung der Krallen an den Zehen in Nägel, wahrscheinlich schon in der älteren Tertiärzeit.

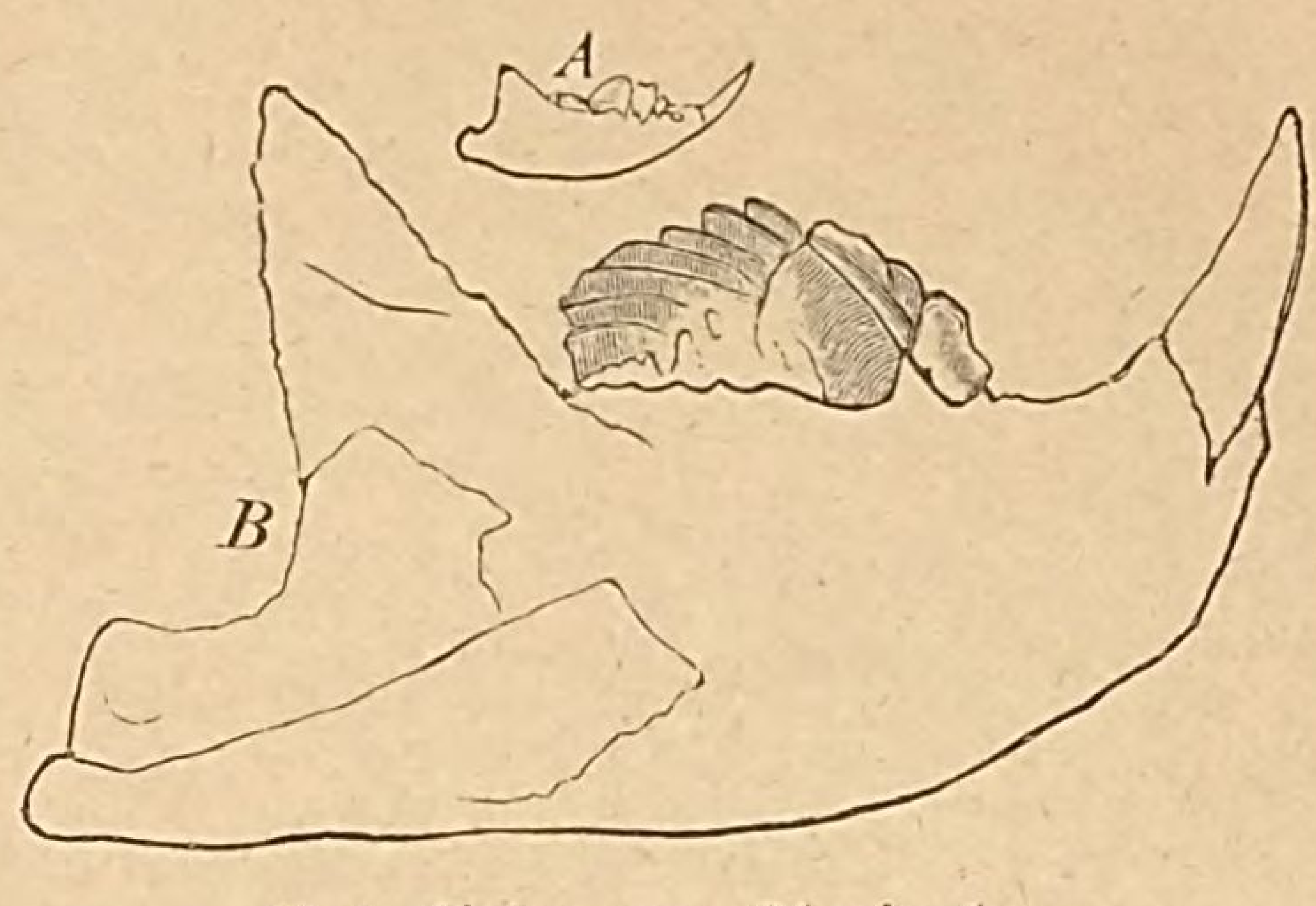


Schädel der permischen Brückenechse.

Dreiundzwanzigste Ahnenstufe: Menschenaffen oder Anthropoides. Unter allen noch heute lebenden Affen stehen dem Menschen am nächsten die großen schwanzlosen Schmalnasen, der Orang und Gibbon in Asien, der Gorilla und Schimpanse in Afrika. Diese Menschenaffen oder Anthropoiden entstanden wahrscheinlich während der mittleren Tertiärzeit, in der Miocänperiode. Sie entwickelten sich aus den geschwänzten Catarhinen der vorigen Stufe, mit denen sie im Wesentlichen übereinstimmen, durch Verlust des Schwanzes, teilweisen Verlust der Behaarung und überwiegende Entwickelung des Gehirnteiles über den Gesichtsteil des Schädels. Direkte Vorfahren des Menschen sind unter den heutigen Anthropoiden nicht mehr zu suchen, wohl aber unter den ausgestorbenen Menschenaffen der Miocän- und Pliocänzeit.

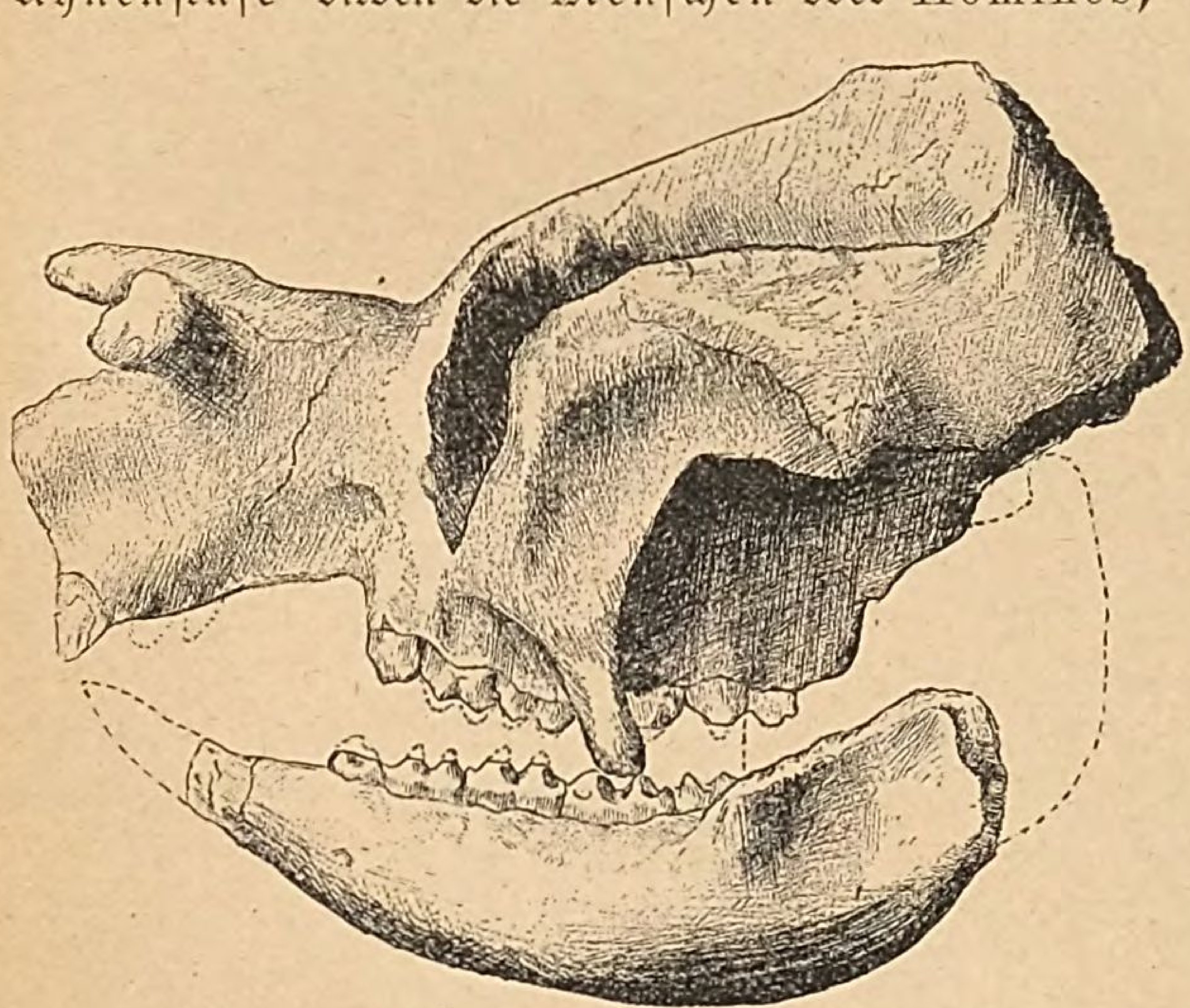
Vierundzwanzigste Ahnenstufe: Affenmenschen oder Pithecanthropi. Obwohl die vorhergehende Ahnenstufe den echten Menschen bereits so nahe steht, daß man kaum noch eine vermittelnde Zwischenstufe anzunehmen braucht, glaubt Häckel als solche dennoch die sprachlosen Urmenschen (Alali) betrachten zu können. Diese Affenmenschen

oder Pithecanthropen lebten wahrscheinlich erst gegen Ende der Tertiärzeit. Sie entstanden aus den Menschenaffen oder Anthropoiden durch die vollständige Angewöhnung an den aufrechten Gang und dieser entsprechende stärkere Differenzierung der beiden Beinpaare. Die „Vorderhand" der Anthropoiden wurde bei ihnen zur Menschenhand, die „Hinterhand" dagegen zum Gangfuß. Diesen Affenmenschen fehlte das eigentliche Hauptmerkmal des Menschen, die artikulierte menschliche Wortsprache und die damit verbundene Entwickelung des höheren Selbstbewußtseins und der Begriffsbildung.



Unterkiefer von Plagiaulax,
einem Beuteltier von Mausgröße aus der Jura- und Kreidezeit. Der Unterkiefer ist in A in natürlicher, in B in vierfacher Größe dargestellt.

Die letzte — fünfundzwanzigste — Ahnenstufe bilden die Menschen oder Homines, unsere unmittelbaren Vorfahren aus der Quartärzeit, oder was Häckel als wahrscheinlicher annimmt, aus der jüngsten Tertiärzeit. Sie entwickelten sich aus den Menschenaffen der vorhergehenden Stufe durch die allmähliche Ausbildung der tierischen Lautsprache zur gegliederten oder artikulierten Wortsprache. Mit der Entwickelung dieser Funktion ging natürlich diejenige ihrer Organe, die höhere Differenzierung des Kehlkopfs und des Gehirns, Hand in Hand. Da nach der übereinstimmenden Ansicht der meisten bedeutenden Sprachforscher nicht alle menschlichen Sprachen von einer gemeinsamen Ursprache abzuleiten sind, so nimmt Häckel einen mehrfachen Ursprung der Sprache und dementsprechend auch einen mehrfachen Uebergang von den sprachlosen Menschenaffen zu den echten, sprechenden Menschen als wahrscheinlich an. Eine zwingende Nötigung zu letzterer Annahme liegt indes nicht vor.

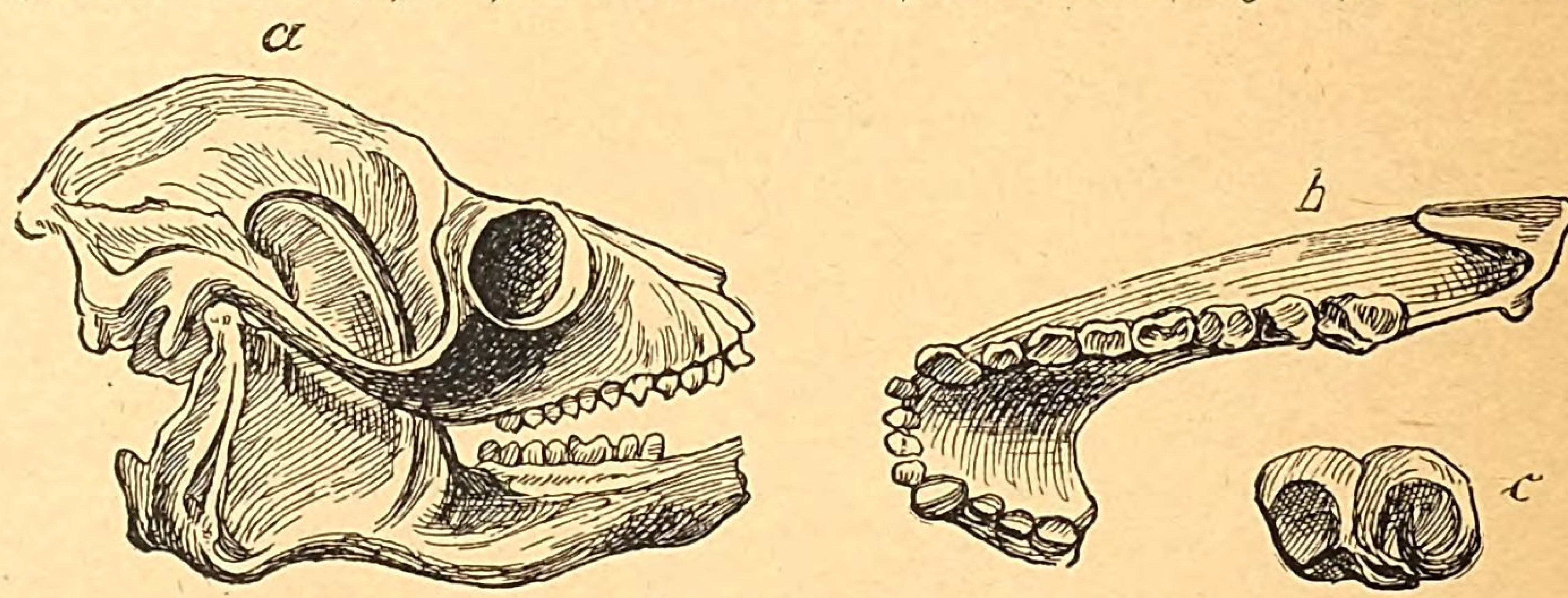


Schädel vom Nototherium,
einem Beuteltier aus der Tertiärzeit von der Größe eines Rindes (der Schädel ist in etwa $^1/_6$ der natürlichen Größe dargestellt). Die Bezahnung weist auf Grasnahrung hin.

Es ist interessant zu hören, wie Häckel, bekanntlich einer der rückhaltlosesten Vertreter der Darwinschen Lehre und ihrer natürlichen Konsequenz, der Entwickelung der Menschenspecies aus Tieren niedrigster Art bis zum unmittelbaren affenähnlichen Vorfahr herauf, über das Verhältnis des Menschen zu dem jetzt lebenden Affen denkt. Er schreibt in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte": „Ausdrücklich will ich hier noch hervorheben, was eigentlich freilich selbstverständlich ist, daß kein einziger von allen jetzt lebenden Affen, und also auch keiner von den sogenannten Menschenaffen der Stammvater des Menschengeschlechts sein kann. Von denkenden Anhängern der Descendenztheorie ist diese Meinung auch niemals behauptet, wohl aber von ihren gedankenlosen Gegnern ihnen untergeschoben worden. Die affenartigen Stammeltern des Menschengeschlechts sind längst ausgestorben. Vielleicht werden wir ihre versteinerten Gebeine noch dereinst teilweise in Tertiärgesteinen des südlichen Asiens oder Afrikas auffinden. Jedenfalls werden dieselben im zoologischen

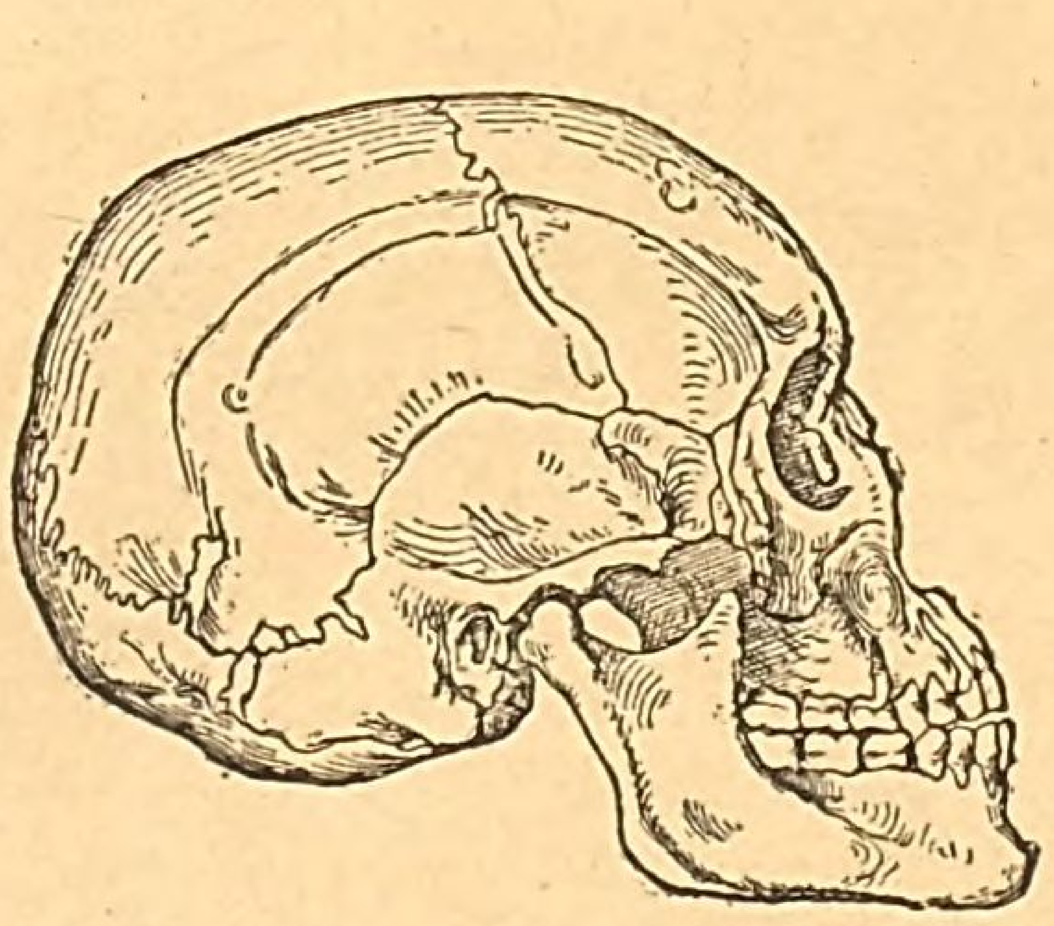
System in der Gruppe der schwanzlosen Schmalnasen (Catarhina lipocerca) oder Anthropoiden untergebracht werden müssen.

Fossile Affenreste sind bis jetzt im Ganzen überhaupt wenig bekannt, besonders im Vergleich zu den reichen Versteinerungsmassen der Raubtiere und Huftiere, denen wir so wichtige Aufschlüsse über die Phylogenie dieser Legionen verdanken. Die Petrefaktenarmut der Primaten erklärt sich leicht aus der Lebensweise und Verbreitung dieser Tiere. Glücklicherweise wird sie aufgehoben durch die überaus reichhaltigen und bedeutungsvollen Aufschlüsse, welche wir in dieser höchststehenden Legion der vergleichenden Anatomie und Ontogenie verdanken. Uebrigens steht soviel schon jetzt fest, daß die Affenordnung während der Tertiärzeit durch viele ausgestorbene (zum Teil schon eocäne und miocäne) Formen vertreten war, auch in Europa. Unter diesen befanden sich große Menschenaffen (Dryopithecus Fontani, Pliopithecus antiquus), welche in manchen wichtigen Verhältnissen dem Menschen bedeutend näher standen, als alle heute lebenden Anthropoiden.

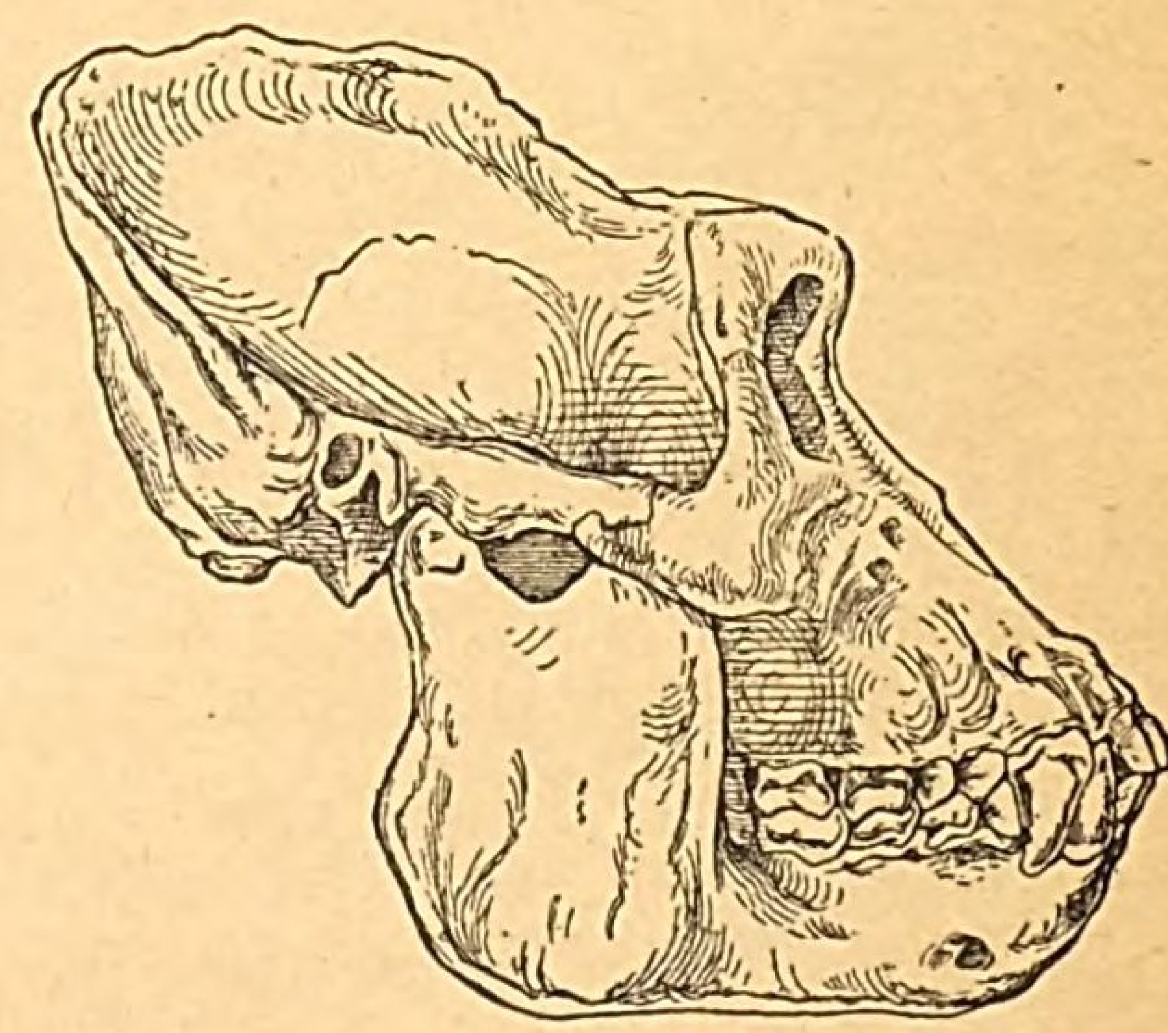


Fossiler Halbaffenschädel
aus der Miocäne.
a Seitenansicht in halber, b Unterkiefer in natürlicher, c unterer Backenzahn in $2\frac{1}{2}$facher Größe.

Die weitaus wichtigste fossile Form des Menschenaffen, die bisher gefunden wurde, ist der berühmte Pithecanthropus erectus, 1894 von dem holländischen Naturforscher Eugen Dubois beschrieben; er entdeckte ihn nicht etwa zufällig, sondern im Verlaufe von mühsamen, systematisch durchgeführten Ausgrabungen im Pliocän von Java. Dieser wirkliche „Affenmensch" steht so sehr in der Mitte zwischen den bekannten Affen und den niederen Menschenrassen, daß sich 1895 auf dem Internationalen Zoologen-Kongresse zu Leyden eine sehr lebhafte Debatte über seine Bedeutung entspann. Ungefähr ein Dutzend



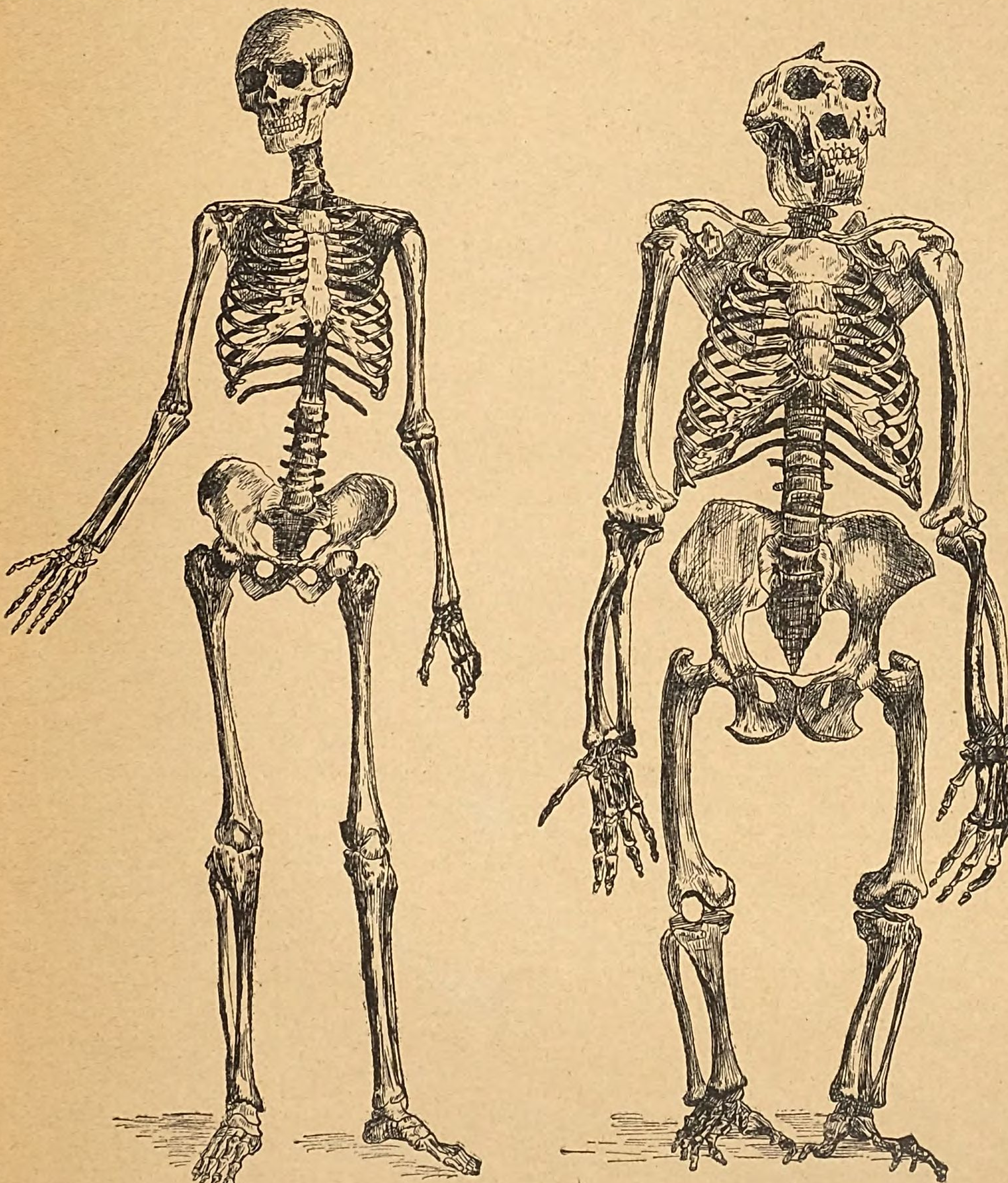
Australier-Schädel.



Gorilla-Schädel.

Aus Ranke „Der Mensch".

angesehener Autoritäten gaben ihre Meinung über denselben ab; drei erklärten, daß der Schädel und Oberschenkel dieses großen Anthropoiden einem Affen, drei andere, daß er einem Menschen angehört habe; und sechs oder mehr andere Zoologen erklärten ihn für das, was er nach den Gesetzen der Logik denn auch wirklich ist, nämlich eine wahre Ueber-



Menschen- und Gorilla-Skelett.

gangsform vom Affen zum Menschen, das vielgesuchte „fehlende Glied" in der Reihe unserer Vorfahren.

Um so größer ist der Unterschied, der sich zwischen dem Menschen und dem höchststehenden der heute lebenden sogenannten Menschenaffen, dem Gorilla, in augenfälliger Weise kundthut und den unsere obenstehende Abbildung veranschaulicht. Ranke charakterisiert diese Unterschiede in

seinem Werke „Der Mensch“ folgendermaßen: „Bei dem Gorilla der an der Wirbelsäule vorn herabhängende Kopf, dessen mit mächtigen Zähnen ausgerüstete kinnlose Schnauze bei aufrechter Stellung des Körpers das Brustbein berührt; bei dem Menschen der runde Kopf fast frei auf der Wirbelsäule balancierend, darunter der freie Hals; — bei dem Gorilla der taillenlose, sich faßförmig nach unten vorwölbende Bauch, dessen Eingeweide beim Aufrechtstehen von dem Becken nicht vollkommen unterstützt werden, der gerade, wie bei dem Menschen schwanzlose Rücken, der aber in einer fast geraden Linie ohne eigentliche Nacken- und Halsabgliederung in das Hinterhaupt und ohne stärkere Hervorhebung der Sitzgegend in die flachen Schenkel verläuft. Bei dem Menschen die, wenn auch nur leicht angedeutete Sanduhrform des Rumpfes, in dem Brust und Unterleib mit ihren engsten Partien in der Taille zusammenstoßen, die Unterleibseingeweide vollkommen von dem Becken wie von einer Schüssel getragen, die elegante doppelt S-förmige Linie, welche nach hinten abwechselnd in konvexer und konkaver Krümmung vom Scheitel zum Halse und Nacken, zu Rücken-, Kreuz- und Sitzgegend verläuft; bei dem Gorilla in normaler Haltung der bärenartig plumpe Rumpf, vorwärtsgebeugt, und auf die Knöchel der eingeschlagenen Finger der wie Krücken vorgestellten Arme gestützt, die Knie der kurzen Beine gebogen, welche dadurch noch kürzer erscheinen; bei dem Menschen die vollkommen gestreckte Haltung des Gesamtkörpers auf den wie Säulen untergestellten Beinen, die Arme für alle Benutzungen frei an der Rumpfseite herabhängend; — beim Gorilla die dichte Pelzbekleidung, welche nur das Gesicht und die Innenflächen von Hand und Fuß vollkommen frei läßt; bei dem Menschen (dem Manne) der im Allgemeinen, abgesehen von den feinen Wollhärchen, nackte Körper, aber die starke Entwickelung der Kopf- und Barthaare, die sich von den Gesichtsseiten als ein Haarring um die Mundpartie herumziehen, welche bei dem Gorilla wie bei allen Menschenaffen im Wesentlichen nackt bleibt.“

Bedeutender noch, als die hier angegebenen Unterschiede des Körperbaues, sind diejenigen der Schädelform, die wir durch Gegenüberstellung eines Australier-Schädels und eines Gorilla-Schädels nach dem oben genannten Werke auf S. 620 anschaulich machen. Nicht nur der Sitz des Gehirnes, der schon bei der hier dargestellten, einer der niedrigsten Rassen angehörigen Menschen-Schädelform in ausgesprochener Weise das Uebergewicht hat, sondern auch die Bildung des Antlitzes und des Unterkiefers tragen hier ein Gepräge, das dem Menschen gegenüber der gesamten Tierwelt ausschließlich zukommt, während am Gorilla-Schädel der viehische Ausdruck des Gefräßes und die diesem letzteren gegenüber völlig in den Hintergrund tretende Bildung der Gehirnkapsel deutlich erkennen lassen, daß hier ein bei weitem untergeordneter Typus vorliegt, dem um so weniger eine weitere Entwickelungsfähigkeit zugestanden werden kann, als er in seinem gesamten Ausbau deutlich erkennen läßt, daß sein Entwickelungsgang abgeschlossen ist. Doch muß hier gleich beigefügt werden, daß das Gehirn des Menschenaffen, das seiner Größe und seinem Gewicht nach kaum über die Stufe des neugeborenen Menschenkindes hinausgeht, gleichwohl in seinem Bauplan und namentlich hinsichtlich der Faltungen und Windungen des Großhirnes, das als Sitz des Bewußtseins in entwickelungsgeschichtlichem Sinne die bedeutsamste Rolle spielt, bis ins Einzelne dem Menschengehirn entspricht und diesem jedenfalls viel näher steht, als dem Gehirn der niedrigen Affen.

Fassen wir nun die von Ranke aufgezählten Unterschiede zwischen Menschen und Affen näher ins Auge. Ranke gehört seinem wissenschaftlichen Standpunkte gemäß zu den „exakten“ Anthropologen, d. h. zu denjenigen Fachgelehrten auf dem Gebiete der Menschenkunde (Anthropologie), für die das Bereich der Naturforschung und Naturerkenntnis eng begrenzt ist auf das der Beobachtung und Untersuchung unmittelbar Zugängliche, also sozusagen auf das Greifbare. Unzweifelhaft verdankt die Wissenschaft der Thätigkeit dieser gewissenhaften Forscher, die namentlich in ihrem Sammelfleiße, in der Auffsuchung und Zusammentragung reichen und vielseitigen Materiales gipfelt, wertvolle Beiträge zu ihrem Ausbau; aber zur Gewinnung höherer Gesichtspunkte, zur Erweiterung des Ausblickes über das rein materielle, an den Gesichtskreis der Sinnenwelt gebundene Bereich hinaus auf das

freiere Feld, das dem Menschengeiste durch seine eigene Denkkraft geöffnet ist, können diese strengen Empiriker, die sich nur an das durch direkte Beobachtung und Erfahrung Gebotene halten, nur mittelbar beitragen; einer einheitlichen Naturerkenntnis kann aber ihr Wirken, weil es sich in der Hauptsache nur mit dem Materiale in seiner unendlichen Vielseitigkeit befaßt, nicht dienen. Derb, aber auf die extreme Richtung der „exakten Wissenschaft" zutreffend, sagt Häckel, daß diese rohen Empiriker „den Wald vor lauter Bäumen nicht sehen". Tritt nun zu der auf solcher Grundlage beruhenden Anschauungsweise eine gewisse Voreingenommenheit gegenüber weiter ausgreifenden Denkrichtungen oder gar Befangenheit in Vorurteilen oder Doktrinen, so tritt der Gegensatz, in denen sich solche Männer zuweilen zu den Bestrebungen stellen, für alle Naturerscheinungen eine wissenschaftlich begründete Erklärung zu finden, desto schroffer hervor. Die moderne Entwickelungslehre hat unter den Gelehrten der „exakten" Richtung zahlreiche Gegner gefunden, deren Kampfesweise die mannigfaltigsten Schattierungen von kühler Ablehnung bis zu den heftigsten Angriffen zur Schau trägt. Für den Laien haben diese innerhalb der gelehrten Welt sich vollziehenden Kämpfe kein unmittelbares Interesse; immerhin ist es gut, wenn er von der Thatsache ihres Vorkommens Kenntnis hat, weil ihm dadurch die Illusion der Unfehlbarkeit der Wissenschaft genommen und dem Aufkommen sogenannter „Naturforscher-Evangelien", wie sie zu Beginn der Blütezeit des Darwinismus im Schwange waren, vorgebaut wird.

Wir haben im Vorstehenden einen Vertreter der exakten Anthropologie über die zwischen dem Menschen und dem Menschenaffen der Gegenwart bestehenden Unterschiede gehört; nun mag über diese Frage, die in den Augen Vieler den wichtigsten Punkt der ganzen Entwickelungslehre in sich schließt, noch ein Mann der Wissenschaft von eminent praktischer Richtung zu Worte kommen: Dr. Heck, derzeit Direktor des Berliner Zoologischen Gartens, der sich in seinem Werke „Das Tierreich" in folgenden (teilweise verkürzt wiedergegebenen) Worten ausspricht:

„Die eigentlichen Menschenaffen im engeren Sinne, die vor den Gibbons durch Größe, menschliche Körperverhältnisse und vollständiges Fehlen jeder Andeutung von Gesäßschwielen ausgezeichnet sind, Orang, Schimpanse und Gorilla, verdienen ihren Namen vollauf; das fühlt jeder, der sie sich einmal im Leben unbefangen angesehen hat. Unsere Stammgäste wissen auch, daß wir im zoologischen Garten unsere jungen Orangs und Schimpanses bis auf Kleider und Wiege, die sie vermöge ihrer Behaarung entbehren können, ganz ähnlich ernähren, pflegen und behandeln wie Menschenkinder, und ich kann hinzufügen, daß es mir nicht einfällt, unseren Tierarzt zu rufen, wenn sie krank werden. So will ich mich denn hier nicht weiter, rühmend und verteidigend, über die hohe Intelligenz, die körperliche und geistige Menschenähnlichkeit dieser interessantesten aller Säugetiere verbreiten, sondern glaube meinen Lesern besser zu dienen, wenn ich mich bemühe, so viel das in kurzen Worten möglich ist, die körperlichen Unterschiede hervorzuheben, die uns Menschen von unseren nächsten, mit uns zugleich in der jetzigen Erdperiode lebenden naturgeschichtlichen Verwandten im Säugetierreiche trennen.

Da ist es nun für den Unkundigen völlig überraschend, daß der tiefgreifendste Unterschied, der die Kluft zwischen Mensch und Tier in aller Augen erst so ins Unermeßliche und Unüberbrückbare erweitert, unsere Sprache, jeder anatomischen Unterlage entbehrt. An unseren Lippen, unseren Zähnen und unserer Zunge, an unserer Nasenhöhle, unserem Kehlkopf und unserer Lunge ist nicht das Geringste davon zu bemerken, daß diese Organe bei uns auch jenen feinen geistigen Verkehr vermitteln, der den Menschen in geselliger Zusammenarbeit mit seinesgleichen so hoch über das Tier erhoben hat. Im Gegenteil: wer den Kehlkopf des Menschenaffen mit seinen mächtigen, oft bis zum Schlüsselbein herabreichenden Luftsäcken betrachtet, denen beim Menschen nur flache Ausbuchtungen, die sogenannten Morgagnischen Taschen gegenüberstehen, der muß auf eine viel größere Leistungsfähigkeit beim Menschenaffen schließen, und in der That ist dieser vermöge solcher Resonanzapparate viel stimmgewaltiger als der Mensch; aber eine Sprache hat er nicht, wenn auch die verschiedenen Laute, die er von sich giebt, im Zusammenhang mit seinen Mienen und

Bewegungen sowohl seinesgleichen als dem liebevollen Pfleger sehr leicht verständlich sind. Die Sprache ist also keine körperliche, sondern eine rein geistige Eigenschaft des Menschen, was ja auch schon daraus hervorgeht, daß sie nicht schon mittels unserer Mundorgane durch Laute, sondern auch durch irgendwelche Zeichen anderer Art ausgeübt werden kann und ausgeübt wird, und es bleibt also dabei, was man schon lange gesagt hat: daß Kopf und Hand den Menschen machen: d. h. die Verwendung dieser beiden Körperteile für feinere, geistige Zwecke. Eine solche ist nur in beschränktem Umfange möglich, solange das Säugetier auf allen Vieren läuft und mit dem Kopfe beißt, stößt oder andere Verrichtungen der gröberen Selbsterhaltung übt; sie wird erst in höherem Grade möglich, wenn Kopf und Hand in diesem niederen Dienste mehr entlastet werden, mit anderen Worten: wenn der „Vorderkörper" von der Erde erhoben und zum „Oberkörper" wird. Ehe Menschenkopf und Menschenhand zu dem werden konnten, was sie heute sind, mußten erst Bein und Becken geeignet werden, den Körper allein zu tragen und fortzubewegen, d. h. das Bein lang und stark bemuskelt, das Becken breit, schüsselförmig, zur Wirbelsäule schräg gestellt, so daß die schweren Eingeweide darauf ruhen können.

Damit kommen wir zu dem viel erörterten aufrechten Gang und den darauf bezüglichen Unterschieden zwischen Mensch und Menschenaffe, die gewiß zu den allerhauptsächlichsten gehören. Huxley hat in dieser Beziehung für den Menschenaffen den sehr kurzen und einfachen Ausdruck gefunden: Rumpf größer, Beine kürzer, Arme länger als beim Menschen. Ranke und andere haben dann durch Messungen einen vollkommenen Gegensatz in allen einzelnen Maßverhältnissen festgestellt. So ist der Rumpf beim Menschen kürzer, beim Menschenaffen länger als das Bein; der Arm mit der Hand beim Menschen kürzer, beim Menschenaffen länger als das „freie" Bein, d. h. die gerade Höhe von der Standfläche der Fußsohle bis zu jener Stelle gemessen, wo sich beim Lebenden die Beine in der Vorderansicht vom unteren Rumpfende abgliedern; der Arm ohne die Hand beim Menschen kürzer, beim Menschenaffen länger als das Bein ohne Fuß; der Ober- resp. Unterarmknochen beim Menschen kürzer, beim Menschenaffen länger als der Ober- resp. Unterschenkelknochen, im letzteren Falle speciell das Schienbein.

Hier ist nun die erste Gelegenheit, die gleich benutzt werden möge, um ein Vorurteil zu berichtigen, das, durch leicht hingeworfene Redensarten verbreitet, in vielen Köpfen sich festgesetzt hat, und zwar nicht nur bei den „minder Gebildeten", wie Ranke meint. Auf Grund der Körperverhältnisse der verschiedenen Menschenrassen läßt sich durchaus keine aufsteigende Reihe zusammenstellen, von menschenaffenähnlichen „niederen Wilden" bis zu den edelsten, durch keinen „tierischen Zug" mehr „entstellten", nach unseren künstlerischen Begriffen „schönen" Menschengestalten, unter denen wir gewöhnlich uns selber zu verstehen pflegen. Im Gegenteil: gerade die Neger und Australier haben im Allgemeinen den kürzesten Rumpf und die längsten Beine, also die „menschlichsten" Körperverhältnisse, und auch ihre aufgeworfenen Lippen sind, nebenbei gesagt, nichts „Tierisches", sondern gerade etwas im höchsten Grade Menschliches; denn „Lippen" im eigentlichen Sinne, d. h. ein Uebergreifen der dünnen Schleimhaut der Mundhöhle auf die Außenseite der Mundeinfassung, finden wir bei keinem Säugetier, auch bei den Menschenaffen nicht. Ueberhaupt führen alle vergleichenden Messungen und Untersuchungen zu dem Ergebnis, „daß die Affenähnlichkeit sich keineswegs bei dem einen oder anderen Volke konzentriert, sondern sich derart auf die einzelnen Körperabschnitte verteilt bei den verschiedenen Völkern, daß jedes mit irgend einem Erbstücke dieser Verwandtschaft, freilich das eine mehr, das andere weniger, bedacht ist, und selbst wir Europäer durchaus nicht beanspruchen dürfen, dieser Verwandtschaft vollständig fremd zu sein." Das hat ja für uns aber auch gar nichts Befremdliches mehr, wenn wir nur über unser eigentliches Verwandtschaftsverhältnis zu den Menschenaffen klar sehen. Sobald wir einmal von dem Wahne abgekommen sind, in den Menschenaffen eine Art unmittelbarer, in gerader Linie unter uns stehender Vorfahren des Menschen erblicken zu wollen, schwindet auch das unerfüllbare logische Bedürfnis, unter unseren menschlichen Artgenossen affenähnliche Abarten herauszufinden.

Mit dem aufrechten Gang hängen auch die übrigen Unterschiede in der allgemeinen Körpergestalt des Menschen und Menschenaffen zusammen, die schon in den weiter oben citierten Ausführungen Rankes hervorgehoben worden sind. „Die Bewegungsweise der Menschenaffen auf der Erde hat denn auch", wie Heck in seinen Betrachtungen fortfährt, „mit unserem Gange kaum etwas gemein. Bei langsamer Bewegung auf kurze Strecken sieht man sie oft die langen Arme vorwärts werfen, sich mit den eingeschlagenen Fingerknöcheln darauf stützen und dazwischen den Körper mit den eingezogenen kurzen Beinen durchschwingen. Bei schnellerer und längerer Bewegung gehen sie zwar mit den Hinterbeinen mehr schrittweise, immer aber mehr nur auf den äußeren Rand der Fußsohle als auf diese selbst auftretend; die Armbewegungen bleiben dieselben, blieben es sogar bei einem jungen Schimpanse, den ich einmal auf den Rasenplätzen des Rotterdamer Gartens im tollsten Laufe mit einem Foxterrier sich umherjagen sah. Dabei trat aber eine etwas seitliche Körperhaltung hervor, wie sie ja von der Galoppbewegung überhaupt untrennbar ist.

Am Gliederbau des Menschenaffen fällt die seitlich plattgedrückte, von oben bis unten gleich dicke Form, besonders des Beines auf, und auch damit hat man wieder den „dünnbeinigen, wadenlosen, plattfüßigen Wilden" in nähere Beziehung bringen wollen. Der Neger hat aber nur dann öfters Plattfüße, wenn ihm als Sklaven in der Jugend schon übermäßige Anstrengungen zugemutet werden, namentlich schwere Lasten, die das Gewölbe des Fußes niederdrücken, und wenn man ihn nur gut nährt, so entwickeln sich seine Waden ebenso gut wie bei uns.

Auch im Hand- und Fußbau, genauer gesagt: im Verhalten des Daumens und der Daumenzehe, das einen der wesentlichsten Unterschiede zwischen Mensch und Menschenaffe ausmacht, findet sich bei keiner Menschenrasse eine Annäherung an den Menschenaffen, die wir nach unseren jetzigen Anschauungen über das wahre Verwandtschaftsverhältnis beider auch gar nicht mehr erwarten; sondern es tritt hier und am Schädel am schärfsten hervor, daß Mensch und Affe von einer gemeinsamen Grund- oder Stammform aus nach verschiedenen Richtungen sich entfernen, daß auch der Menschenaffe ein echter Affe, ein kletterndes, mit den vier Fingern der Vorderhand sich anhakendes, mit der Daumenzehe und den übrigen Zehen des Fußes, wie wir mit unserer Hand, greifendes Baumtier ist. Auch der Menschenaffendaumen zeigt als echter Affendaumen eine deutliche Neigung zur Verkümmerung, ist auffallend kurz und schwach und ragt, mit den übrigen Fingern zusammengelegt, kaum oder gar nicht über den Handteller vor. Die Daumenzehe des Menschenaffen dagegen ist ebenso auffallend stark und kann, genau wie der Daumen an unserer Hand, mit ihrem Mittelfußknochen von denen der übrigen abgespreizt werden, was auch dem gewandtesten menschlichen Fußkünstler eine Unmöglichkeit ist.

Der Schädel mit dem Gebiß liefert schließlich den besten Beweis, daß der Menschenaffe nicht eine stammesgeschichtliche Vorstufe des Menschen ist; denn wenn dem so wäre, dann müßten die Schädelverhältnisse des ausgewachsenen Menschenaffen ungefähr denen des menschlichen Kindes entsprechen nach dem Erfahrungssatze, daß das Junge einer höher entwickelten Form immer noch am deutlichsten die Beziehungen zu den niederen Vorfahren erkennen läßt. In Wirklichkeit ist das Verhältnis ja aber so, daß der Menschenaffe in seiner Jugend vermöge weniger vortretenden Kieferteiles und weniger zurücktretenden Hirnteiles den menschenähnlichsten Schädel hat, je mehr er heranwächst, desto weiter sich aber in der Kopfbildung vom Menschen entfernt, bis wir schließlich in dem Schädel des alten Menschenaffenmännchens mit seiner verhältnismäßig engen Hirnhöhle und den mächtigen Knochenkämmen und -Leisten darauf ein kaum noch menschenähnlich zu nennendes Gebilde vor uns haben, dessen lang vorragende Eckzähne viel mehr den Vergleich mit einem Raubtiere herausfordern.

In der Behaarung zeigen Mensch und Menschenaffe eine merkwürdige Uebereinstimmung: während die Haare am Oberarm, wie bei allen anderen Affen und Säugetieren überhaupt, von oben nach unten fallen, stehen sie am Unterarm von unten nach oben gerichtet. Ich weiß nicht, ob man das bei den Menschenaffen damit in Beziehung bringen darf, daß sie

mit geknickten Armen und über dem Kopf zusammengelegten Händen zu ruhen pflegen; jedenfalls wärmt und schützt sie in dieser Stellung der abweichende Haarstrich am besten.

Im Uebrigen ist es ja bekannt, daß der Mensch gerade an den Körperstellen am meisten behaart ist, wo es die Säugetiere und auch die Menschenaffen am wenigsten sind; auf dem Kopfe und auf der Brust darf man die Entwickelung dieser Behaarung wohl auf den aufrechten Gang zurückführen."

– Was Heck in Uebereinstimmung mit anderen Naturforschern über die Aehnlichkeit des Gehirnbaues der Menschenaffen mit demjenigen des Menschen sagt, haben wir bereits weiter oben angeführt. Bei den übrigen Weichteilen im ganzen inneren Leibesbau aber ist, wie er fortfährt, die Aehnlichkeit zwischen Mensch und Menschenaffe selbst für Fachleute und genaue Kenner des menschlichen Körpers gerade überraschend. Bei der Leichenöffnung des letzten Berliner Gorillas durch Virchow und Hartmann gewährte „die Grundfläche des Schädels jedem der anwesenden Aerzte das täuschend ähnliche Bild eines geöffneten Kindesschädels mit allen seinen Vertiefungen, Blutgefäßverzweigungen und Nervenpaaren, so daß selbst ein geübter, vergleichender Anatom einen Unterschied zwischen der Innenansicht des Schädels eines Kindes und der vorliegenden nicht hätte finden können". — „Bei Oeffnung des Darmes setzte die frappante Aehnlichkeit des anatomischen Befundes der Darmschleimhaut mit demjenigen eines an Darmkatarrh gestorbenen Kindes die Umstehenden in Erstaunen." Bei der Leichenöffnung eines Pinkertschen*) Riesenorangs war man immer wieder aufs neue erstaunt über die „geradezu fabelhafte innere Aehnlichkeit mit dem Menschen". Immer wieder drängte sich die Frage auf, „was denn überhaupt diesem „Homo satyrus" innerlich eigentlich fehle, um Homo sapiens genannt werden zu können; denn alle Unterschiede, die sich da und dort bei der Präparation ergaben, sind doch, genau betrachtet, nur ganz untergeordneter Natur".

Ueber die Entwickelung des Menschengeschlechtes aus einer affenähnlichen Stammform schreibt Häckel in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte": „Diejenigen Entwickelungsvorgänge, welche zunächst die Entstehung der affenähnlichsten Menschen aus den menschenähnlichsten Affen veranlaßten, sind in zwei Anpassungs-Thätigkeiten der letzteren zu suchen, welche vor allen anderen die Hebel zur Menschwerdung waren: der aufrechte Gang und die gegliederte Sprache. Diese beiden physiologischen Funktionen entstanden notwendig zugleich mit zwei entsprechenden morphologischen Umbildungen, mit denen sie in der engsten Wechselwirkung stehen, nämlich Differenzierung der beiden Gliedmaßenpaare und Differenzierung des Kehlkopfes. Die wichtige Vervollkommnung dieser Organe und ihrer Funktionen mußte aber drittens notwendig auf die Differenzierung des Gehirns und der davon abhängigen Seelenthätigkeit mächtig zurückwirken, und damit war der Weg für die unendliche Laufbahn eröffnet, in welcher sich seitdem der Mensch fortschreitend entwickelt und seine tierischen Vorfahren so weit überflügelt hat.

Als den ältesten von diesen drei wichtigen Entwickelungsprozessen im menschlichen Organismus haben wir wohl die höhere Differenzierung und Vervollkommnung der Extremitäten hervorzuheben, welche durch die Gewöhnung an den aufrechten Gang herbeigeführt wurde. Indem die Vorderfüße unserer Affenahnen immer ausschließlicher die Funktion des Greifens und Betastens, die Hinterfüße dagegen immer andauernder die Funktion des Auftretens und Gehens übernahmen und beibehielten, bildete sich jener Gegensatz zwischen Hand und Fuß aus, welcher zwar dem Menschen nicht ausschließlich eigentümlich, aber doch viel stärker bei ihm entwickelt ist, als bei den menschenähnlichsten Affen. Diese Differenzierung der vorderen und hinteren Extremität war aber nicht allein für ihre eigene Ausbildung und Vervollkommnung höchst vorteilhaft, sondern sie hatte zugleich eine ganze Reihe von sehr wichtigen Veränderungen in der übrigen Körperbildung im Gefolge. Die ganze Wirbelsäule, namentlich aber Brustkorb, Beckengürtel und Schultergürtel, sowie die

*) Pinkert, Tierbesitzer und Schauunternehmer in Leipzig, der mit Hilfe des Lübecker Kapitäns Storm die ersten alten Orang-Männchen nach Europa gebracht hat.

dazu gehörige Muskulatur, erlitten dadurch diejenigen Umbildungen, durch welche sich der menschliche Körper von demjenigen der menschenähnlichsten Affen unterscheidet. Wahrscheinlich vollzogen sich diese Umbildungen schon lange vor Entstehung der gegliederten Sprache, und es existierte das Menschengeschlecht schon geraume Zeit mit seinem aufrechten Gange und der dadurch herbeigeführten charakteristischen menschlichen Körperform, ehe sich die eigentliche Ausbildung der menschlichen Sprache und damit der zweite und wichtigere Teil der Menschwerdung vollzog.

Die Entstehung der gegliederten Wortsprache und die damit verbundene höhere Differenzierung und Vervollkommnung des Kehlkopfs haben wir erst als die spätere, zweite und wichtigste Stufe in dem Entwickelungsvorgang der Menschwerdung zu betrachten. Sie war es ohne Zweifel, welche vor allem die tiefe Kluft zwischen Mensch und Tier schaffen half, und welche zunächst auch die bedeutendsten Fortschritte in der Seelenthätigkeit und der damit verbundenen Vervollkommnung des Gehirns veranlaßte. Allerdings existiert eine Sprache als Mitteilung von Empfindungen, Bestrebungen und Gedanken auch bei sehr vielen Tieren, teils als Gebärdensprache oder Zeichensprache, teils als Tastsprache oder Berührungssprache, teils als Lautsprache oder Tonsprache. Allein eine wirkliche Wortsprache oder Begriffssprache, eine sogenannte „gegliederte oder artikulierte“ Sprache, welche die Laute durch Abstraktion zu Worten umbildet und die Worte zu Sätzen verbindet, ist, so viel wir wissen, fast ausschließliches Eigentum des Menschen. Nur der Gesang der Vögel ist eine ähnliche physiologische Leistung.

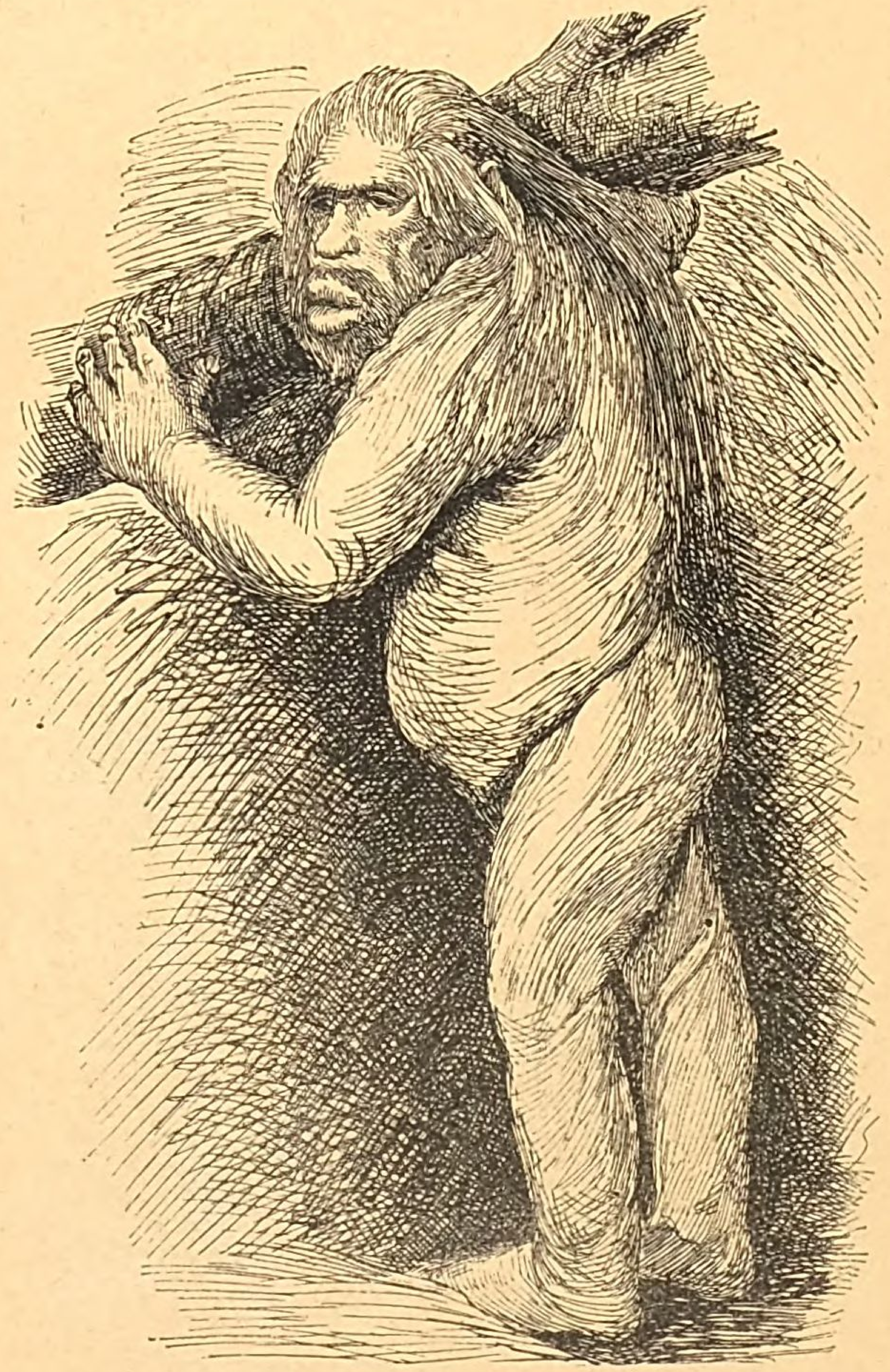


Pithecanthropus alalus (Weib mit Kind).
Nach Gabriel Max.

Die Sprachen der Säugetiere, wie z. B. das Bellen des Hundes, das nächtliche „steinerweichende Lied“ der Katzen, das Wiehern des Pferdes, das Trompeten des Elephanten u. s. w., sind bloß Interjektions-Sprachen, d. h. vereinzelte Ausrufe, welche gewisse Gefühle oder Wünsche des Säugetieres mitteilen. Bei gesellig lebenden Säugern können diese Ausdrücke ihres Empfindungs- und Willens-Vermögens auch noch weitere Bedeutung erlangen, als Befehle, Warnungen, Hilfsrufe u. s. w. Auch kann ihre Wirkung durch die Gebärden-Sprache wesentlich verstärkt werden. Obgleich nun die meisten dieser Interjektions-Sprachen oder Laut-Sprachen noch tief unter der gegliederten „Begriff-Sprache“ des Menschen stehen, müssen wir dennoch in den ersteren die phylogenetische Vorstufe zur letzteren sehen, ebenso wie in der Ton-Sprache der singenden Vögel. Diese Annahme wird durch die merkwürdige Thatsache unterstützt, daß es außer dem Menschen noch ein zweites singendes Säugetier giebt, und daß dieses zur Familie der Menschen-Affen gehört. Ein indischer Gibbon (Hylobates agilis) singt in vollkommen reinen und klangvollen Tönen die Tonleiter einer Octave auf- und abwärts, und die Töne dieser Scala liegen genau um

einen halben Ton auseinander. Dieser indische „Sing-Affe“ steht über dem amerikanischen Brüll-Affen ungefähr eben so hoch, wie die Nachtigall über der Krähe.

Mehr als alles andere mußte die Entstehung der menschlichen Sprache veredelnd und umbildend auf das menschliche Seelenleben und somit auf das Gehirn einwirken. Die höhere Differenzierung und Vervollkommnung des Gehirns, und des Geisteslebens als der höchsten Funktion des Gehirns, entwickelte sich in unmittelbarer Wechselwirkung mit seiner Aeußerung durch die Sprache. Daher konnten die bedeutendsten Vertreter der vergleichenden Sprachforschung in der Entwickelung der menschlichen Sprache mit Recht den wichtigsten Scheidungsprozeß des Menschen von seinen tierischen Vorfahren erblicken. Dies hat namentlich August Schleicher in seinem Schriftchen „Ueber die Bedeutung der Sprache für die Naturgeschichte des Menschen“ hervorgehoben. In diesem Verhältnis ist einer der engsten Berührungspunkte zwischen der vergleichenden Zoologie und der vergleichenden Sprachkunde gegeben, und hier stellt die Entwickelungstheorie für die letztere die Aufgabe, den Ursprung der Sprache Schritt für Schritt zu verfolgen. Diese ebenso interessante als wichtige Aufgabe ist in neuester Zeit von mehreren Seiten mit Glück in Angriff genommen worden, so insbesondere von Wilhelm Bleek, welcher seit vielen Jahren in Südafrika mit dem Studium der Sprachen der niedersten Menschenrassen beschäftigt und dadurch besonders zur Lösung dieser Frage befähigt war.“ In einem an Häckel gerichteten Schreiben sprach dieser Sprachforscher die Ansicht aus, daß alle verschiedenen menschlichen Sprachen einen einheitlichen oder monophyletischen Ursprung haben. „Sie alle besitzen wahre Pronomina und die davon abhängende Einteilung der Redeteile. Nun aber zeigt die Geschichte der Sprachentwickelung uns klar, wie der Besitz der wahren Pronomina durch Anpassung erworben ist, und dies in einer Weise, die unmöglich mehr als einmal stattgefunden haben kann.“ Dagegen sind, wie Häckel im weiteren Verlaufe seiner Ausführungen hervorhebt, andere berühmte Sprachforscher der Ansicht, daß die menschliche Sprache einen mehrstämmigen oder polyphyletischen Ursprung hat. So behauptet namentlich Schleicher, eine der ersten Autoritäten auf diesem Gebiete, daß „schon die ersten Anfänge der Sprache, im Laute sowohl als nach den Begriffen und Anschauungen, welche lautlich reflektiert wurden, und ferner nach ihrer Entwickelungsfähigkeit verschieden gewesen sein müssen. Denn es ist positiv unmöglich, alle Sprachen auf eine und



Pithecantropus alalus (Mann).
Nach Gabriel Max.

Uebersicht der Stammesreihe des Menschengeschlechtes
nach Häckel.

Zeitalter		Reihe		Stufe	Lebende nächstverwandte Formen
				I. Wirbellose.	
Primordialzeit	I	Urtiere	1	Moneren	Bakterien, Protamöben.
			2	Einzellige Protozoen (Amöbinen)	Amöben.
			3	Zellhorden oder Moräaden	Morula-Keimformen.
			4	Hohlkugeln oder Blastäaden	Volvox, Magosphära.
	II	Wirbellose Metazoen	5	Urdarmtiere oder Gasträaden	Olynthus, Hydra.
			6	Plattentiere oder Platoden	Rhabdocoela.
			7	Wurmtiere oder Helminthes (im Besonderen die Schnurwürmer oder Nemertina)	Nemertina.
			8	Kiemendarmwürmer (Eichelwürmer od. Enteropneusten)	Balanoglossus.
			9	Urchordatiere oder Prochordonier	Copelaten, Ascidienlarven.
				II. Wirbeltiere.	
Primärzeit	III	Niedere Wirbeltiere oder Ichthyopsida	10	Schädellose oder Acranier	Amphioxus.
			11	Rundmäuler oder Cyclostomen	Petromyzon (Neunauge).
			12	Urfische oder Selachier	Haifisch.
			13	Schmelzfische od. Ganoiden	Stör.
			14	Lurchfische oder Dipneusten	Ceratodus, Protopterus.
	IV	Amphibien und Reptilien	15	Kiemenlurche oder Urlurche	Proteus (Olm).
			16	Schuppenlurche oder Stegocephalen	Salamander.
			17	Proreptilien oder Protamnioten	Hatteria.
			18	Säugerreptilien od. Sauromammalia (Theromoren)	Hatteria.
Sekundärzeit	V	Säugetiere oder Mammalia	19	Ursäuger (Stammsäuger) oder Promammalia	Echidna (Ameisenigel).
			20	Beuteltiere oder Marsupialia	Didelphis (Beutelratte).
			21	Halbaffen oder Prosimiae (Lemuren)	Stenops (Lori).
Tertiärzeit			22	Hundsaffen oder Cynopitheca	Semnopithecus (Schlankaffe).
			23	Menschenaffen od. Anthropoiden	Gorilla, Orang.
			24	Affenmenschen oder Pithecanthropi	Hylobates (Singaffe).
Quartärzeit			25	Menschen (Sprachmenschen) oder Homines	Veddas, Australneger.

dieselbe Ursprache zurückzuführen. Vielmehr ergeben sich der vorurteilsfreien Forschung eben so viele Ursprachen, als sich Sprachstämme unterscheiden lassen."

Auch andere bedeutende Sprachforscher (wie Friedrich Müller, auf welchen wir später noch zu sprechen kommen werden) nehmen eine selbständige und unabhängige Entstehung der Sprachstämme und ihrer Ursprachen an. Das hindert indes nicht, einen monophyletischen Ursprung der Sprachfähigkeit überhaupt, d. h. der Anpassung des Kehlkopfes an die Hervorbringung artikulierter Laute anzunehmen, deren weitere Ausbildung dann nach verschiedenen Richtungen hin zur wirklichen Sprache sich entwickelte. Daß nicht der Ausbau der Sprache, sondern bereits der erste Ansatz zur Entwickelung derselben den charakteristischen Fortschritt bildet, der den Menschen sozusagen erst zum Menschen macht, ist ganz selbstverständlich.

Unsere Abbildungen auf S. 627 und 628 geben ein Bild des Pithecanthropus alalus, dessen Original von dem berühmten Maler Gabriel Max herrührt. Dieser geistvolle „Seelenmaler" ist, wie Häckel hervorhebt, zugleich ein kenntnisreicher und tiefblickender Naturforscher. Seine vergleichend anatomische und ethnographische Sammlung in München ist reich an seltenen und kostbaren Objekten. Insbesondere sind darin die Affen, sowohl Hundsaffen als Menschenaffen, durch wertvolle Skelette von hervorragender Qualität vertreten. Zum 60. Geburtstag Häckels hat nun Gabriel Max diesem Gelehrten ein großes Oelbild verehrt, das die Familie des Affenmenschen darstellt. Häckel bezeichnet es als einen ernsten und höchst gelungenen Versuch, den ausgestorbenen Affenmenschen der jüngsten Tertiärzeit hypothetisch darzustellen. Dieser Versuch stützt sich auf ausgedehnte und gründliche Kenntnisse in der vergleichenden Anatomie der Primaten. Jeder urteilsfähige Anatom, der den Körperbau des Menschen und der menschenähnlichen Affen genau kennt, und der zugleich von der Wahrheit der Descendenztheorie durchdrungen ist, wird, wie Häckel überzeugt ist, zugeben, daß der Pithecanthropus alalus diesem Bilde sehr ähnlich gewesen sein wird.

Zum Schluß möge noch angeführt werden, wie Darwin selbst, der Schöpfer der Abstammungslehre, über die „Affenfrage", die so viel Aufregung in der wissenschaftlichen und unwissenschaftlichen Welt hervorgerufen hat, sich ausgesprochen hat. Sein edles, schlichtes, rein menschliches Wesen konnte gar nicht besser zum Ausdrucke kommen als in den Worten des Schlußkapitels seines berühmten Werkes „The origin of man", welche lauten: „Was mich betrifft, so möchte ich ebenso gern von jenem heroischen kleinen Affen abstammen, welcher seinem gefürchteten Feinde trotzte, um das Leben seines Wärters zu retten, oder von jenem alten Pavian, der, von den Hügeln herabsteigend, im Triumph seinen jungen Kameraden aus einer Menge erstaunter Hunde herausführte, als von jenem Wilden, welcher ein Entzücken an den Martern seiner Feinde fühlt, blutige Opfer darbringt, Kindesmord ohne Gewissensbisse begeht, seine Frauen wie Sklaven behandelt, keine Züchtigkeit kennt und von dem gröbsten Aberglauben beherrscht wird."

Zur besseren Uebersicht der von Häckel konstruierten Stammesreihe des Menschengeschlechtes geben wir diese in Tabellenform auf der vorstehenden S. 629.



Erstes Kapitel.

Die großen Umwälzungen der Tertiärzeit.

Die Tertiärzeit ist, wie unsere Leser bereits wissen, eine Epoche der Erdentfaltung größten Stiles gewesen. Wilhelm Bölsche charakterisiert dieselbe treffend in seiner „Entwickelungsgeschichte der Natur", indem er auf den grellen Gegensatz zwischen dem der Tertiärzeit vorausgegangenen Kreidezeitalter und der auf dieselbe gefolgten Diluvialzeit hinweist, in der bereits der Mensch auf dem Schauplatze der Naturgeschichte aufgetreten war, ein Gegensatz, der einzig und allein den großen Umwälzungen der Tertiärzeit seine Entstehung verdankt und entwickelungsgeschichtlich von diesem Zeitalter überbrückt wird. Die Leistungen der außerordentlichen Entwickelungskraft der Tertiärzeit bestanden, wie der genannte Schriftsteller hervorhebt, nicht allein in der Ablagerung von Sedimenten. Wer heute mit dem Apparate des Geologen etwa die Alpen und die Karpathen durchwandert, der stößt zwar auch hier in großartiger Entfaltung auf solche Sedimente des Tertiärs. Ueber riesige Strecken weg zieht sich der als Pyramidenmaterial wohlbekannte, fossilienreiche Nummulitenkalk der Eocänformation und der (im Gegensatze dazu fast versteinerungsleere) sogenannte Flysch, eine marine Sandstein- und Mergelmasse, ebenfalls tertiären Ursprunges. Aber als etwas viel Ueberraschenderes drängt sich dem Geologen aus tausendfachen Anzeichen die Ueberzeugung auf, daß die gewaltigsten Gebirgsketten Europas gerade aus der Tertiärzeit erst eigentlich zu dem geworden sind, was das Wort besagt. In der Sekundärzeit ein Kranz von Inseln im Meer, den Korallenriffe säumten, sind die Alpen in der Tertiärzeit wirklich „Alpen" geworden. Alles, was im frühen Tertiär selbst und weiter dann zurück in den langen Zeiträumen der Kreide, des Jura, der Trias an Sedimenten sich hier abgelagert, wurde mit fortgerissen, gehoben, gequetscht, durchbrochen, übereinander geschoben in unaufhaltsamem Drang, bis die obersten Wellen des aufgebäumten Faltengewirres hoch über die Grenze des ewigen Schnees emporwuchsen, wo dann die nagende Thätigkeit der Luft und des Wassers, die Erosion, einsetzte und im Laufe der folgenden Jahrtausende jene grellen Zackenprofile herausarbeitete, die heute das Bild des

Alpenkammes charakterisieren. Es waren nicht die Alpen allein, die damals im eigentlichen Sinne vollendet wurden. In der nämlichen Weise wölbten sich zu ihrer heutigen Größe die Karpathen, die Apenninen, die Gebirge der Balkanhalbinsel, der Kaukasus, das höchste aller Gebirge von heute: der Himalaya, der Thianschan und die große nord- und südamerikanische Gebirgskette parallel zur Küste des Stillen Oceans. Die besondere Bedeutung der tertiären Gebirgserhebungen hat ihren Schwerpunkt in den klimatischen und denjenigen Einflüssen, die sie auf die Verbreitung der Pflanzen und Tierwelt teils als Scheidewände, teils als Verbindungswege ausgeübt haben.

Wie schon erwähnt, hat die Tertiärzeit außer diesen Erhebungen auch sehr mächtige Ablagerungen an den verschiedensten Punkten der Erde aufgehäuft. Unter diesen spielt die Braunkohle eine hervorragende Rolle, die uns in den ausgedehnten Braunkohlenlagern Europas die Ueberreste gewaltiger Wälder und Torfmoore jener Zeit darstellt und erkennen läßt, daß damals noch tropische Ueppigkeit in der Pflanzenwelt jener Gegenden herrschte, in denen heute das nordeuropäische Flachland seine magere Kiefernheidelandschaft vor unseren Blicken entfaltet. Sehr charakteristisch für die Tertiärzeit sind die Bernsteinlager. Dieselben rühren von einem ausgedehnten Berglande her, das auf dem aus der Tiefe emporgehobenen Grunde des Kreidemeeres entstanden war und seine Südgrenze ungefähr am Gestade der mittleren Ostsee hatte. Auf diesem Boden, der sich durch großen Reichtum an Kalk auszeichnete, wucherte ein üppiger Wald der verschiedensten Koniferen, untermischt mit Eichenarten, Lorbeerbäumen und Palmen. In dem Waldboden häufte sich das Harz im Laufe der Jahrtausende immer mehr an, während die Bäume vermoderten und neuen Platz machten. Als dann dieser Waldboden bei einer Senkung des Landes in den Bereich des Meeres kam, wurde er zerwaschen, die noch vorhandenen Stämme fortgeschwemmt, der Bernstein jedoch in dessen Umgebung abgesetzt. Diese in dem damaligen Meere gebildete Schicht, die sogenannte „blaue Erde“, ist die Heimat des Bernsteins; ihr entstammt er in allen Ansätzen jüngerer Weltperioden. Als später der nordische Gletscher seinen Weg über unser jetziges Vaterland nahm und unter sich den Boden mit fortriß, gelangte auch der Bernstein in die diluvialen Ablagerungen und wurde so weit über das deutsche und russische Gebiet verstreut, als sich diluviale Ablagerungen darin vorfinden. Nach Schluß der Eiszeit gelangte der Bernstein durch die umlagernde und abtragende Thätigkeit des Wassers in die Schichten, die wir mit alluvial bezeichnen, und auch in die heutige Ostsee. Bölsche schreibt darüber: „Ein einförmiger Kranz dunkelgrünen Seetangs, der auf der weißen Strandfläche die äußerste Grenze des gewöhnlichen Wasserstandes andeutet und nur nach wildem Sturm der Nacht weiter hinaufgerückt sich zeigt, scheint ein bald ermüdendes, ewig gleiches Merkzeichen des Pflanzenlebens der Tiefe darzubieten, das kaum etwas zu denken giebt. Aber gerade in der Stunde, nachdem der Sturm diese lebendige Strandmarke vorgeschoben, enthüllt sich dem forschenden Auge zwischen den nassen Büscheln ein geheimnisvoller Körper, der mit einem Schlage die weiteste Perspektive öffnet. Es erscheint in kleinen, gelben oder rötlichen, bald trüben, bald krystallhell durchsichtigen Stückchen der Bernstein — angeschwemmt aus den Tiefen des Oceans, als sei auch er ein Gebilde von da unten, gleich den Muschelschalen, die der Prall der Wogen losgerollt und halb zermalmt hat, oder die Alge, die, aus ihren unterseeischen Wiesen abgerissen, jetzt verwelkend das Ufer säumt.“

Die eigentliche Heimstätte des nordischen Bernsteins ist das Samland bei Königsberg in Preußen. In einer Mächtigkeit von einem bis zu sechs Metern tritt hier eine sandige, thonige Schicht, die sogenannte „blaue Erde“, offen zu Tage an Stellen, die direkt von den Meereswellen ausgewaschen werden können. Diese blaue Erde erweist sich durch ihre Fossilreste: Haifischzähne, Meermuscheln, Holzstücke u. a., als das Sediment eines alten Meeres, in das große, aus waldreichen Gegenden niedersteigende Flüsse einmündeten. In ihm lagert nun massenhaft der Bernstein. Wenig schwerer nur als das Wasser, wie er ist, wird er leicht von der Welle losgerissen und fortgeschwemmt, ein Prozeß, der seit Urzeiten offenbar im Gange ist, da Bernsteinbrocken in Menge nicht nur über das Ostsee-

gebiet, sondern auch die Nordseeküsten allerorten zerstreut sind. Untersucht man diesen leichten Stein auf seine chemische Natur hin, so erweist er sich unschwer als ein verhärtetes Baumharz. Aus den organischen Resten, die dabei liegen oder die das einst flüssige Baumharz abfließend umschloß und konservierte (es sind besonders Insekten zahllos so erhalten), geht hervor, daß es die norddeutschen Nadelholzwälder der älteren Tertiärzeit sind, die wir da auftauchen sehen.

Bedenken wir, daß in der Diluvial-Zeit die Verteilung von Wasser und Land in ihren großen Umrissen bereits derjenigen der Gegenwart entsprochen hat, und vergleichen wir mit diesen die Verhältnisse, wie sie für die ältere Tertiärzeit von Koken festgestellt wurden, so gewinnen wir einen Ueberblick über die gewaltigen Umwälzungen, die sich im Verlauf dieses Zeitalters mit Bezug auf die Gestaltung der Erdoberfläche vollzogen haben.

Der europäische Kontinent nebst Großbritannien war in seinem nördlichen Teile bereits völlig trocken gelegt und bildete mit letzterem zusammen ein Festland, dem auch Gebiete der Nord- und Ostsee und der ganze zwischen dem Westrande Skandinaviens und Nowaja Semlja gelegene Teil des Nördlichen Eismeeres bis Spitzbergen hinauf und auch noch darüber hinaus angehörten und das über Island mit Grönland durch die sogenannte „isländische Brücke" verbunden war, so daß hier der arktische Ocean eine langgestreckte Bucht bildete, die überall noch um ein Beträchtliches von den heutigen Küsten Skandinaviens, Grönlands und der vorgenannten Inseln entfernt blieb. Dasselbe Festland erstreckte sich über Grönland und den größten Teil Nordamerikas mit Inbegriff des nordamerikanischen Archipels, über das Behringsmeer und einen breiten Saum des heutigen Nördlichen Eismeeres, endlich über den ganzen östlichen Teil Asiens bis an das Altai-, Thianschan- und Kuenlüngebirge, im Osten das Ochotskische, Japanische und Chinesische Meer sowie Hinter-Indien noch mit umfassend. Der afrikanische Kontinent hatte mit Ausnahme seiner Mittelmeerländer, die teilweise unter Wasser lagen, so ziemlich seine gegenwärtige Gestalt, erfüllte aber auch das Rote Meer und reichte im Nordosten über den größten Teil Arabiens hinweg, von welchem nur der Südrand unter Meer lag. Vorder-Indien bildete eine Insel, an die sich nördlich und südlich andere Inselgruppen anschlossen. Nordwestlich und westlich von Madagaskar, das durch die „Lemurische Landbrücke" mit dem afrikanischen Kontinent verbunden war, lagen größere Inseln, die als „Lemurische" bezeichnet werden, und die Ueberreste der Indomadagassischen Halbinsel darstellen, die sich in der Jurazeit von Südafrika über Madagaskar weg bis Vorder-Indien — dieses mit inbegriffen — erstreckte. Das Mittelmeer der Tertiärzeit war gegen Westen hin nur noch durch eine schmale Straße (an der Stelle der heutigen Landenge von Panama) mit dem Stillen Ocean verbunden; Mexiko und der größte Teil von Central-Amerika schlossen sich bereits als Mexikanische Halbinsel dem großen nördlichen Kontinente an. Der brasilianisch äthiopische Kontinent der Jurazeit hat sich dagegen bereits auf jene zwei Gebiete reduziert, die damals seinen westlichen und östlichen Flügel gebildet hatten, und dem heutigen südamerikanischen und afrikanischen Kontinente im Wesentlichen entsprechen. Ganz Mitteleuropa nebst Westasien bildete einen Archipel, von welchem nur einige kleinere Inseln dem heutigen Pyrenäen-, Alpen- und Balkangebiete angehören, während größere Inseln in das Gebiet des heutigen Nordwest-Deutschland und Südwest-Rußland fallen. Zwischen Europa und Asien, westlich durch den Ural, östlich ungefähr durch die Chatanga- und Jenissei-Linie, sowie durch die früher genannten Gebirge begrenzt, drang das „Sibirische Meer" in das Herz der heutigen Kontinentalmasse der alten Welt vor und vereinigte sich nördlich vom Aralsee mit dem Mittelmeere, das seinerseits wieder zwischen Arabien und Vorder-Indien mit dem Arabischen Meere, nordöstlich der vorderindischen Halbinsel mit dem „Bengalischen Meer" und durch diese beiden mit dem Indischen Ocean zusammenhing. Das australische Festland, das sich im Südosten gegen Neu-Seeland hin noch beträchtlich erweiterte, der Indomalayische Archipel, namentlich auch Neu-Guinea und Neu-Seeland waren, wenn auch nicht ganz ihrer heutigen Gestalt entsprechend, doch schon in der älteren Tertiärzeit vorhanden. Das Amazonen-

stromgebiet Südamerikas sowie Patagonien und die Pampas bis an den La Plata hinauf, lagen zu jener Zeit noch unter Meer.

Wir sehen aus dem Obigen, daß in der frühen Tertiärzeit einerseits beträchtliche Strecken festen Landes aus dem Meere aufstiegen, andererseits eben so beträchtliche Teile früheren Festlandes vom Meere zurückerobert wurden.

Nach den organischen Einschlüssen der Sedimentgesteine aus dieser Zeit kann man den Schluß ziehen, daß die Meere im Ganzen keine besondere Tiefe hatten, so daß die Erhebung des Bodens über den Meeresspiegel keines allzu großen Aufwandes von Kraft und Zeit bedurfte.

Am bedeutsamsten von allen Umwälzungen der Tertiärzeit sind für uns natürlich diejenigen, die sich in der organischen Welt vollzogen haben und als deren Gipfelpunkt wir ohne Selbstüberhebung die Entwickelung unseres eigenen Geschlechts bezeichnen dürfen. Diese letztere ist jedoch in der Tertiärzeit aller Wahrscheinlichkeit nach nur eingeleitet worden. Wir verweisen in dieser Hinsicht auf das letzte Kapitel des vorhergegangenen Abschnittes und wollen hier nur noch einige Bemerkungen über den tertiären Menschen anführen.

Wir haben bereits im letzten Kapitel des sechsten Abschnittes dieses Buches darauf hingewiesen, daß seiner Zeit die Auffindung von Spuren des Urmenschen in der Tertiärzeit als Thatsache hingestellt worden ist. Von den deutschen Anthropologen ist einzig **Schaaffhausen** für diese Annahme eingetreten, und auch dieser hat sich nur auf einen Teil der dafür angeführten Beweisgründe gestützt, andere aber selbst als bedenklich erkannt. Er schreibt:

„Die ersten angeblichen Beweise für den tertiären Menschen hat Abbé **Bourgeois** geliefert: vom Menschen bearbeitete Feuersteine aus tertiären Schichten (Thenay). Sie sind im Pliocän gefunden, in der letzten Abteilung der Tertiärschichten. Sodann hat **Capellini** Einschnitte in den Knochen eines Balaenotus bekannt gemacht, welche nur der Mensch gemacht haben könne, weil viele derselben nur durch eine Rotation des Vorderarms hervorgebracht sein könnten. Er hat aber den Beweis nicht geliefert, daß man mit einem paläolithischen Gesteingerät so scharfe, halbmondförmige Schnitte machen kann. Auch in Portugal hatte Ribeiro Steingeräte in tertiären Ablagerungen gefunden, die er als von Menschenhand bearbeitet betrachtete. Einige derselben sehen genau so aus wie die künstlich zugeschlagenen, aber es blieb zweifelhaft, ob die Schicht, in welcher man sie fand, wirklich die ursprüngliche Lagerstätte dieser Dinge war, und ob sie nicht später dahingelangt sind. Das Terrain ist so verworfen und vom Wasser durchwühlt, daß hier möglicherweise Umstürzungen des Bodens vorhanden sind, die jetzt nicht mehr genau nachgewiesen werden können.

Es sind namentlich an zwei Stücken Schläge, die in kleinem Umfange mit großer Gewalt den Knochen getroffen haben, so daß sie eine Delle, eine tiefe Grube, in den Knochen gemacht und die äußerste Lamelle zersplittert und eingedrückt haben. Man muß schließen, daß das am frischen Knochen geschehen ist, weil ein solcher Schlag einen alten Knochen zertrümmert haben würde."

Joh. Ranke, der diese Stücke selbst gesehen hat, stellt jedoch fest, daß die Einschnitte an denselben nicht von Schlägen herrühren, sondern Eintiefungen sind, wie sie an Knochen, die durchweicht und mürbe im Boden gegen kleinere Steine oder Knochenenden angedrückt liegen, immer entstehen.

Bei dem Oeffnen prähistorischer Gräber auf der bayerischen Hochebene in der Nähe des Gebirges, wo der Boden vielfach aus Geröll besteht oder die eingefüllte Graberde doch kleinere Geröllsteine enthält, kann man, wie der Genannte hinzufügt, solche Zertrümmerungen und Eindrücke der Knochen aus einer viel späteren Zeit leider nur zu oft bemerken. Auch die oben erwähnten, von Bourgeois entdeckten Feuersteinsplitter konnten vor dem schärfer prüfenden Auge anderer Forscher ebensowenig als Beweismittel für den tertiären Menschen bestehen, als die von Ribeiro gefundenen. Virchow, der sich gründlich mit der Untersuchung des Unterschiedes zwischen künstlich geschlagenen von natürlich zersplitterten Feuersteinscherben befaßte, hat, wie Ranke hervorhebt, erklärt, daß unter der Gesamtheit aller bisherigen dem Tertiär zugeschriebenen portugiesischen Funde sich kein

einziges Stück befindet, welches mit voller Evidenz beweist, daß es zu einem bestimmten Zwecke geschlagen worden ist, welches also eine so erkennbare Form hat, daß aus der Form die besondere Intention des Arbeiters erschlossen werden könnte. Es handelt sich nur um Stücke, welche auf natürlichem Wege entstanden sind. Dasselbe Urteil muß gegen die Feuersteine von Thenay gefällt werden. Daß diese nicht vom Menschen geschlagen worden seien, erkennt man jetzt auch in Frankreich ziemlich allgemein an; man hat für ihre Entstehung die Hypothese in Aufnahme gebracht, sie seien durch Einwirkung von Feuer zersplittert. Aber es giebt eine Reihe anderer Ursachen, welche die Feuerstein- und Hornsteinknollen zum Zersplittern bringen, und an diese muß für Thenay umsomehr gedacht werden, als ein Beweis für Feuereinwirkung nicht erbracht worden ist.

In neuerer Zeit will man auch in Südamerika Spuren des tertiären Menschen entdeckt haben, doch meint Zittel, daß hier eine Ueberschätzung des geologischen Alters der Formation vorliege, in der jene Spuren aufgefunden worden sind.

Mit vollem Recht schreibt daher Boyd Dawkins: „Menschliche Ueberreste, denen man mit Sicherheit ein höheres als diluviales Alter zuschreiben könnte, hat man bis jetzt in keinem Teile von Europa gefunden. Das paleolithische Volk trat in Europa zugleich mit der dieser Zeit eigenen Fauna auf und verschwand dann, nachdem es hier eine Zeit lang gelebt, deren Dauer man aus den ungeheuren physischen und klimatischen Veränderungen entnehmen kann, schließlich wieder. Es deutet nichts darauf hin, daß es geistig niedriger als viele der jetzt lebenden wilden Rassen gestanden habe oder näher mit den Tieren verwandt war. Die Spuren, die es hinterlassen hat, geben uns keinerlei Aufschluß über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Entwickelungstheorie; denn wenn man einerseits behauptet, das erste Auftreten des Menschen als Mensch und nicht als menschenähnliches Tier sei mit dieser Lehre unvereinbar, so muß man andererseits entgegnen, die seit seinem ersten Auftreten in der Diluvialperiode bis zur Gegenwart verlaufene Zeit sei zu klein, um merkliche physische oder geistige Veränderungen hervorzurufen. Man darf ferner nicht vergessen, daß wir bloß das Alter des Menschen in Europa untersucht haben, und nicht die allgemeine Frage, wann er überhaupt zuerst auf der Erde aufgetreten sei, zwei Fragen, die man häufig durcheinander wirft. Falconer hat zutreffend bemerkt, die Anfänge der Menschheit habe man nicht in Europa, sondern in den Tropen, wahrscheinlich in Asien, zu suchen. Dazu besitzen wir aber bei dem jetzigen Stande der Untersuchung den Schlüssel noch nicht. Die höheren Affen sind in den miocänen und pliocänen Schichten Europas vertreten, welche in einigen Fällen die Charaktere verschiedener jetzt lebender Arten in sich vereinigen, allein keinerlei Neigung zeigen, menschliche Charaktere anzunehmen. Man muß zugeben, daß das Studium der fossilen Ueberreste auf das Verhältnis des Menschen zu den Tieren ebenso wenig Licht wirft, wie die geschichtlichen Urkunden. Der Historiker beginnt seine Arbeiten mit der hohen Civilisation in Assyrien und Aegypten und kann die Stufen, auf denen dieselbe erreicht wurde, nur vermuten; der Paläontologe findet die Spuren des Menschen in den diluvialen Schichten, und auch er kann über die Stufen, auf denen der Mensch zu der aus den gefundenen Geräten zu erschließenden Kultur sich erhoben hat, nur Vermutungen haben. Der Paläontologe hat nachgewiesen, daß der Mensch älter ist, als der Historiker vermutet hatte; keiner von beiden aber hat etwas zur Lösung des Problems seines Ursprunges beigetragen."

Zweites Kapitel.

Die Eiszeit.

In den klimatischen Verhältnissen der jüngsten Kreide- und ältesten Tertiärzeit hat, wie Neumayr für wahrscheinlich hält, kein namhafter Gegensatz bestanden. Die Grenze zwischen südlicher und nördlicher Entwickelung bleibt so ziemlich die gleiche, ja es scheint in dieser Beziehung hier weit weniger Verschiedenheit stattzufinden, als zwischen unterer und oberer Kreide, und es sprechen sogar gewisse Anhaltspunkte dafür, daß das Klima der Eocänzeit in unsern Breiten wärmer, also dem jetzigen weniger ähnlich war als in der zweiten Hälfte der Kreidezeit. Wenn für irgend einen Zeitabschnitt, so können wir für das mittlere und obere Eocän behaupten, daß das Klima in Europa ein tropisches war, während wir in der Landflora der oberen Kreide und selbst des untersten Eocän eine nicht unerhebliche Anzahl von Formen gemäßigter Striche finden. Soweit also auf Anzeichen dieser Art überhaupt größerer Wert gelegt werden darf, müßten wir hier eine Zunahme der Temperatur annehmen. Im Verlaufe der Tertiärzeit fand dann im Allgemeinen eine Abkühlung statt, so daß zum Schlusse dieser Periode in den Gegenden, für deren Beurteilung die nötigen Anhaltspunkte vorliegen, ein nur unbedeutend wärmeres Klima herrschte als heute. Dann aber kam es während der Diluvialzeit zu einer sehr erheblichen Abkühlung; mächtige Eis- und Schneemassen häuften sich an und bedeckten nicht nur die nordischen Lande und die hohen Gebirge, sondern von hier aus reichten Gletscher bis in die Ebenen Mitteleuropas herab, die wir noch heute mit dem von dem Eise transportierten Materiale großenteils bedeckt finden; polare Tiere und Pflanzen lebten in unseren Ebenen, und ähnliche Verhältnisse traten auch in den verschiedensten Ländern der nördlichen Halbkugel auf. Es ist das die vielgenannte Eiszeit, nach deren Schlusse wieder ein allgemeines Steigen der Temperatur bis zu dem heutigen Zustande eintrat.

Wir haben bereits an anderer Stelle erwähnt, daß die Ursachen der Eiszeit in verschiedenster Weise zu erklären versucht wurden. M. Neumayr faßt diese Versuche in seinem Werke „Die Erde“ zusammen, wobei er sich indes nur mit denjenigen Ansichten beschäftigt, die nicht mit den einfachsten Thatsachen in unlösbarem Widerspruche stehen. Unter diesen besser begründeten Erklärungsversuchen lassen sich, wie er schreibt, zwei Gruppen unterscheiden, deren eine Veränderungen in den Verhältnissen der Erde, in der Verteilung von Wasser und Land, dem Verlaufe der Meeresströmungen ꝛc. voraussetzt, während die andere kosmische, das Verhältnis der Erde zu anderen Weltkörpern betreffende Ursachen annimmt. Namentlich zu Anfang der Studien über die Vereisung, als deren außerordentlich weite Verbreitung noch nicht bekannt war, suchte man nach Gründen der ersteren Art; als man nur von einer Vergletscherung der Alpen wußte, nahm Charpentier an, daß dieses Gebirge damals bedeutend höher gewesen sei, seine Gipfel viel weiter in die Schneeregion hinaufragten als heute, doch konnte sich natürlich eine solche Ansicht nicht halten, als man dieselben Erscheinungen auch in England und Skandinavien beobachtete.

Von weit größerer Bedeutung sind die Anschauungen, daß eine Aenderung in den Verhältnissen der Föhnstürme die Vereisung verursacht habe. Als Föhne bezeichnet man heiße, trockene Südstürme, welche in den Nordalpen auftreten und mächtiger als irgend ein anderer Faktor das rasche Abschmelzen von Schnee und Eis bewirken, und deren Ursprung man früher allgemein nach Nordafrika in die Sahara verlegte; man glaubte, es seien die heißen Wüstenwinde, welche über das Mittelmeer weg die Alpen erreichen. Man dachte nun, daß zur Diluvialzeit die Sahara, ganz von Wasser bedeckt, ein großes Binnenmeer dargestellt habe, von dem nun statt des Föhnes kühle, feuchte Winde kamen, welche die Vereisung der Alpen, nach den Ansichten mancher auch diejenige von Nordeuropa, verursachten. Ja, in manchen, allerdings nicht streng wissenschaftlichen Kreisen war man von der

Richtigkeit dieser Ansicht bis zu dem Grade überzeugt, daß man von der durch den französischen Kapitän Roudaire geplanten Verwandlung des kleinen Schottgebietes südlich von Tunis in einen Binnensee die nachteiligsten Folgen für das Klima Europas und ein mächtiges Anwachsen der alpinen Gletscher befürchtete. Natürlich ist eine solche Besorgnis einfach lächerlich, aber auch die Hypothese, auf deren Uebertreibung sie beruht, ist unhaltbar; infolge der genaueren Erforschung der Sahara weiß man, daß sie in geologisch junger Zeit überhaupt nicht vom Meere überflutet war, aber wenn das auch gewesen wäre, so hätte dies das Klima Europas nur wenig beeinflußt und vor allem an dem Föhne nichts geändert. Der Föhn kommt nicht aus der Sahara, sondern aus weiter westlich gelegenen Gegenden und erreicht den Südrand der Alpen als ein feuchter Wind; hier verliert er durch Abkühlung an den Bergen seine Feuchtigkeit, die als Regen niederfällt; nun überschreitet er den Hauptkamm des Gebirges als ein trockener, kalter Wind und stürzt auf der Nordseite in die Tiefe; bei diesem Sturze in die Tiefe aber wird die Luft zusammengedrückt und dadurch Wärme erzeugt, und der Föhn verdankt also seine hohe Temperatur nicht dem Klima der Gegenden, aus welchen er kommt, sondern dieselbe wird lediglich durch Druck mechanisch hervorgebracht.

Eine andere Vermutung beschäftigt sich mit dem Golfstrome, jener großen Warmwasserströmung im Atlantischen Oceane, welche im Golfe von Mexiko ihren Anfang nimmt, der Küste der Vereinigten Staaten folgt und sich dann nach Osten wendet; ein Zweig dieses Stromes erreicht Europa und bespült dessen westliche Ufer, ja er setzt sich weit nach Norden bis Island, Spitzbergen und Nowaja Semlja fort. Es ist bekannt, daß Europa und namentlich seine westlichen Teile ihr verhältnismäßig mildes und gleichmäßiges Klima der Erwärmung durch diese aus den tropischen Gegenden kommenden Gewässer verdanken, und man nahm nun an, daß während der Eiszeit die Verbindung zwischen Nord- und Südamerika unterbrochen war und der Golfstrom durch die Lücke zwischen beiden nach dem Stillen Oceane hinaustrat, ohne unsere Gegenden zu erreichen. Allein auch diese Erklärung ist unmöglich; dem ganzen Wesen und dem Ursprunge der Meeresströmungen nach, welche durch die herrschende Windrichtung bedingt sind, würde eine Kommunikation mit dem Stillen Oceane eine solche Ablenkung aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht hervorgebracht haben; aber wir wissen überdies aus der Verbreitung der diluvialen Säugetiere in Amerika, daß gerade zu jener Zeit eine Landverbindung zwischen Norden und Süden vorhanden war, so daß die Megatherien, die Mylodonten, die Mastodonten, Tapire, Lamas und Pferde ungehindert von dem einen Kontinente zum anderen gelangen konnten. Endlich haben die Untersuchungen amerikanischer Forscher über die Verbreitung diluvialer Meeresmuscheln an den Küsten ihres Landes ergeben, daß der Golfstrom denselben Verlauf hatte wie heute; daß derselbe auch die europäischen Ufer berührte, geht mit Sicherheit aus der Lage der Schneelinie in England und Schottland während der Eiszeit hervor.

Aehnlich verhält es sich mit der von Lyell aufgestellten Hypothese, daß Nordeuropa bis zu bedeutender Höhe über dem heutigen Wasserstande untergetaucht und vom Meere überflutet gewesen sei, und daß die bedeutende Feuchtigkeit infolge dieser ausgebreiteten Wasserbedeckung das Anwachsen der Gletscher veranlaßt habe. Hier fehlt vor allem der Beweis für das Vorhandensein einer solchen Ueberflutung, auf deren Stattfinden man nur irrtümlicherweise aus dem Vorhandensein von Geschiebelehm geschlossen hatte.

Uebrigens spricht gegen alle diese und verwandte Deutungsversuche der Umstand, daß die Spuren der Eiszeit in Südamerika, auf Neuseeland und in Südafrika ebensogut auftreten wie in den Alpen, in Nordeuropa oder Nordamerika; daher können lokale Aenderungen niemals eine hinreichende Erklärung darstellen, und wir müssen eine die ganze Erde betreffende Ursache zu entdecken suchen. Hiergegen ist der Mangel an Vereisung im Altaigebirge und überhaupt in einem großen Teile von Nordasien, ferner in der westlichen Hälfte von Nordamerika eingewendet worden. Allein dabei wird übersehen, daß dies Gegenden sind, welche auch in der Jetztzeit trocken und arm an Niederschlägen sind, und für welche daher bedeutende Gletscherbildung auch bei einem Sinken der Temperatur um etwa 5° nicht zu erwarten ist.

Von verschiedenen Möglichkeiten einer allgemeinen Ursache hat man zunächst an eine Veränderung in der Lage der Pole gedacht. Allein ganz abgesehen davon, daß man kaum eine Stellung derselben finden kann, welche alle Erscheinungen gut erklärt, zeigt schon das oft betonte Gleichbleiben der klimatischen Verhältnisse der einzelnen Lokalitäten zu einander, daß keine bedeutende Verschiebung stattgefunden haben kann, zu welcher überdies auch die Zeit, welche seit der Vereisung abgelaufen ist, entschieden viel zu kurz wäre. Andere haben geglaubt, daß die Erde abwechselnd durch wärmere und kältere Regionen des Weltraumes hindurchgehe. Wenn dies der Fall wäre, so müßte offenbar der Eintritt in eine wärmere Region dadurch bedingt sein, daß sich das ganze Sonnensystem einem Wärme ausstrahlenden Weltkörper, einem anderen Fixsterne, nähert; dieser würde aber naturgemäß auch das Sonnensystem und dessen einzelne Teile durch seine Masse anziehen und Störungen in den Bahnen der Planeten hervorrufen, von denen keine Spur zu bemerken ist. Man hat ferner Aenderungen in der Schiefe der Ekliptik, der Stellung der Erdachse zur Ebene der Erdbahn, zu Hilfe rufen wollen; aber ganz abgesehen davon, daß man sich noch nicht darüber hat einigen können, ob durch schiefere Stellung eine Abkühlung oder eine Erwärmung der höheren Breiten herbeigeführt werde, lehrt auch die Astronomie, daß eine Aenderung in dieser Beziehung überhaupt nicht angenommen werden kann. Kleine Schwankungen in dieser Beziehung sind unter dem Namen der Präcession und Nutation bekannt, infolge deren in Perioden von 10 500 Jahren abwechselnd die nördliche und die südliche Halbkugel etwas längere Sommer hat. Auch darin hat man die Ursache der Vereisung gesucht; allein es ist sehr zweifelhaft, ob eine Verkürzung des Sommers in diesem geringen Betrage eine solche Wirkung ausüben kann, da in dem kürzeren Sommer die Erde der Sonne näher steht und ihr dadurch eine größere Wärmemenge zugeführt wird; überdies aber muß ein ständiger starker Wechsel der klimatischen Verhältnisse in so überaus kurzen Perioden als allen Erfahrungen widersprechend abgelehnt werden.

Von anderer Seite wird auf die Excentricität der Erdbahn großer Wert gelegt. Die Erdbahn ist bekanntlich kein Kreis, sondern eine sehr breite Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht; aber die Form dieser Ellipse bleibt sich nicht immer gleich, sie wird in sehr langen Zeiträumen abwechselnd etwas schmäler oder excentrischer und dann wieder breiter und kreisähnlicher. Aus den Veränderungen, welche jetzt in dieser Beziehung vor sich gehen, hat man zu berechnen gesucht, wie diese Verhältnisse in früherer Zeit waren, und man hat dabei das Resultat gefunden, daß die Schwankungen sehr bedeutend sind. So soll eine Zeit hoher Excentricität etwa 240 000 Jahre v. Chr. begonnen und etwa bis zum Jahre 80 000 gedauert haben; noch extremer gestaltete sich die Bahn etwa 850 000 und 2 500 000 Jahre vor unserer Zeitrechnung, und dazwischen liegen noch einige sehr bedeutende Schwankungen. Man hat nun theoretisch abzuleiten gesucht, daß starke Excentricität der Erdbahn eine erhebliche Abkühlung mit sich bringt, und man hat geradezu jene vor 80 000 Jahren abschließende Periode als der diluvialen Eiszeit entsprechend betrachtet.

Unter all den verschiedenen Erklärungsversuchen kommt diesem, wie Neumayr meint, entschieden die größte Bedeutung zu, und derselbe verdient um so größere Beachtung, als damit auch absolute Zeitmaße, bestimmte Angaben nach Jahrtausenden, für die Dauer bestimmter geologischer Vorgänge gegeben wären. Leider aber ist auch diese Auffassung, die durch Adhémar, Croll, Pilar, Wallace und andere in geistreicher Weise ausgebildet worden ist, einer genaueren Prüfung gegenüber nicht stichhaltig. In erster Linie stimmt schon die notwendig daraus folgende Annahme von periodisch häufig wiederkehrender starker Abkühlung im ganzen Verlaufe der Erdgeschichte durchaus nicht mit unseren Erfahrungen; wir haben in vereinzelten, ganz bestimmten Abschnitten der älteren Perioden Spuren niedriger Temperatur gefunden, aber keine der beobachteten Erscheinungen gestattet, auf eine oftmalige Wiederholung zu schließen. Vergebens sucht man z. B. im Verlaufe der Tertiärformation nach den Anzeichen der Kälteperioden, die vor 800 000 und vor $2^1/_2$ Millionen Jahren stattgefunden haben sollen. Wohl sind einige sehr gewundene Versuche gemacht worden,

darüber Rechenschaft zu geben, warum sich solche Spuren nicht erhalten konnten, allein keiner derselben kann auch nur im Entferntesten befriedigen. Gehen wir weiter, so finden wir, daß auch der Nachweis, daß starke Excentricität Kälte mit sich bringt, sehr viel zu wünschen übrig läßt. Bei allen diesen Schlüssen spielt die Annahme, daß die Meeresströmungen bedeutende Veränderungen erlitten haben, eine sehr wichtige Rolle, namentlich sollen die aus den Tropengegenden nach der nördlichen Halbkugel fließenden Warmwasserströmungen aufgehört und sich der südlichen Erdhälfte zugewendet haben; allein wir wissen aus dem früher Gesagten, daß der Golfstrom auch während der diluvialen Eiszeit seinen normalen Verlauf gehabt hat, und damit wird eins der wichtigsten Glieder aus der Kette der Folgerungen gebrochen.

Endlich finden wir aber noch, daß die Grundlage der ganzen Theorie eine vollständig haltlose ist, indem ein Beweis dafür, daß derartige Perioden starker Excentricität vorkommen, durchaus nicht existiert. Die mathematischen Formeln, mit deren Hilfe man die thatsächliche Existenz berechnet hat, gründen sich auf Beobachtungen über die Gestalt der Erdbahn, welche einen außerordentlich kurzen Zeitraum umfassen, und infolgedessen sind auch deren Resultate nur richtig, solange man sie auch wieder auf die Berechnung der Aenderungen während kurzer Zeiträume anwendet. Sowie man aber die Giltigkeit der Formeln ausdehnen und, wie es geschehen ist, sie auf lange Zeiträume übertragen will, ergeben sich falsche und ungenaue Resultate.

Das Schlußergebnis, das Neumayr aus dieser Rundschau über die Eiszeithypothesen zieht, ist, daß während der diluvialen Eiszeit aller Wahrscheinlichkeit nach über die ganze Erde eine Erniedrigung der Temperatur stattfand, daß wir aber weder über deren Ursache noch auch über die Dauer der Erscheinung, in Jahren ausgedrückt, irgend etwas wissen oder auch nur eine Hypothese mit dem Scheine einer stichhaltigen Begründung aufzustellen vermögen; wir sind nur im stande, zu sagen, daß es sich nicht um lokale Ursachen handeln kann. „Wir müssen aber auch beifügen, daß wohl auf lange Zeit hinaus jeder Versuch einer Erklärung als durchaus fruchtlos erscheinen muß, weil wir die entscheidenden Thatsachen noch viel zu wenig kennen, um ein richtiges Urteil zu fällen. Vor allem ist es notwendig, auf einen Punkt aufmerksam zu machen, der bisher viel zu wenig beachtet worden ist; die klimatischen Verhältnisse der Diluvialzeit sind die bestbekannte Episode in der Geschichte der Temperaturveränderungen auf der Erde, aber sie bilden doch nur einen verschwindend kleinen, wenn auch sehr wichtigen und interessanten Teil jener Veränderungen, die seit ungezählten Jahrmillionen vor sich gehen. Es ist daher auch trotz alles Studiums nicht möglich, sich aus diesem überaus beschränkten Abschnitte ein richtiges Urteil zu bilden. Wir müssen vor allem die klimatischen Verhältnisse auch der frühern Perioden kennen zu lernen suchen, und dann wird sich vielleicht die Erklärung leichter ergeben, als man jetzt glaubt; vorläufig aber sind Grad und Verteilung der Wärme in den früheren Perioden ein Buch mit sieben Siegeln, ein unlösliches Gewirr von unverständlichen und widerspruchsvollen Erscheinungen, mögen wir nun an die paläozoischen Riffkorallen im hohen Norden, an die Karbonflora auf Spitzbergen, an die Geschiebeablagerungen im Karbon Indiens, Australiens und Südafrikas, an die Kreide- und Tertiärfloren des hohen Nordens oder an die diluvialen Eismassen denken. Hier wirken uns noch durchaus unbekannte und unverständliche Faktoren, deren Bedeutung mit unserer geringen Kenntnis der Thatsachen sich nicht entziffern läßt. Diese letztere zu vermehren, wird noch lange das einzige erreichbare Ziel sein, die Erklärung müssen wir wohl einer künftigen Generation überlassen."

Von der Ausdehnung der während der Eiszeit eingetretenen Vergletscherung der nördlichen Erdhalbkugel giebt der Geograph Albrecht Penck folgendes Bild: „Im Westen erstreckten sich die Eismassen ungefähr bis zu dem submarinen Steilabfall im Atlantischen Ocean, dessen Verlauf durch die sogenannte „Hundert-Faden-Linie" veranschaulicht wird. Lofoten und Shetlands-Inseln waren von Skandinavien aus vergletschert, Orkney-Inseln und Irland von Schottland aus. Bis zur Themse war England unter Eis begraben, welches teils von den Bergen von Wales, teils von den schottischen Hochlanden ausstrahlte. Eine Linie, welche sich von den Rhein-

mündungen an den Gehängen der mittleren Gebirge entlang zieht, welche das rheinisch-westfälische Schiefergebirge, den Harz und Thüringer Wald, das Erz- und das Riesengebirge bis zu einer beträchtlichen Höhe ersteigt, welche sich ferner an dem Nordabfall der Karpathen bis östlich Krakau verfolgen läßt, bezeichnet die Südgrenze des skandinavischen Eises, und ostwärts verbreitete es sich bis unterhalb Kiew am Dnjepr, bis beinahe Charkow bis unterhalb Nishnij Nowgorod an der Wolga. Wie weit es sich im nordwestlichen Tieflande erstreckte, läßt sich noch nicht mit Bestimmtheit sagen; doch scheint es, als ob es sich hier mit Gletschern traf, welche das Timangebirge aussandte. Nach Norden endlich strahlten die skandinavischen Gletscher bis in das Nördliche Eismeer aus. Diese enorme Eisentwickelung in Nord-Europa wird aber noch übertroffen durch diejenige Nord-Amerikas. Auch hier verbreiteten sich gewaltige Gletscher; während aber die europäischen ungefähr am 50. Breitengrade Halt machten, erreichten die transatlantischen den 40. Parallelkreis, d. h. sie würden von Europa gerade nur die drei südlichsten Zipfel unbedeckt lassen. Es waren im Norden Amerikas 20 Millionen qkm, im Norden Europas $6^1/_2$ Millionen qkm vom Eis begraben. Die Existenz solch bedeutender Eisbecken, solcher Inlandeismassen, weist auf einzelne Glacialgebiete hin, welche völlig von Eis begraben waren, während die Alpen wie die skandinavischen und schottischen Hochgebirge wenigstens noch mit ihren höchsten Gipfeln aus ihrem eisigen Mantel hervorragten, so daß Gesteinstrümmer von dort sich loslösten und mit dem Eise weiter geflözt werden konnten. — . . . . Zwischen der großen skandinavischen Eismasse und der Alpinenvergletscherung lag in Mittel-Europa nur ein schmaler Saum unvereisten Landes. Die höchsten Gebirge der pyrenäischen und italienischen Halbinsel trugen Gletscher; Eisströme entfalteten sich selbst auf den mittelfranzösischen Gebirgen; mächtig waren die Gletscher der Pyrenäen. In jenen Ländern aber erreichte nirgends die Vereisung nur annähernd die Ausdehnung, wie in den Alpen oder gar im Norden. Ein mittelfranzösisches Inlandeis fehlt. Da die Vergletscherung in Europa von Westen nach Osten abnimmt, so beschränken sich die Gletscherspuren auf die höchsten Punkte der transsylvanischen Alpen an der Grenze Siebenbürgens gegen Rumänien und an der Grenze von Rumelien und Makedonien auf den Rilodagh. Ausgedehnte Moränen am Kaukasus, in den Gebirgen von Erzerum, am Libanon und Sinai endlich lassen es möglich erscheinen, daß auch auf den höchsten Höhen der Balkanhalbinsel größere Gletscher einst entfaltet waren. Während sonach nur ein relativ schmaler Landstreifen in Deutschland eisfrei blieb, da von seinen 54 000 qkm mehr als die Hälfte, etwa 35 000, im Eise begraben waren, war von Frankreich zur Eiszeit höchstens $^1/_{50}$ der Fläche von Eis bedeckt."

Welchen Umfang die Vergletscherung in den Alpen erreicht hat, schildert Oswald Heer in seiner „Urwelt der Schweiz" in ausführlichster Weise. Wir lassen hier nur einen kurzen Auszug seiner Schilderung folgen.

Die nördliche Schweiz hatte fünf große Gletscher, die italienische deren zwei. Der größte Gletscher kam aus dem Wallis, weil derselbe aus diesem weiten Alpenland die meisten Zuflüsse erhielt. Er verbreitete sich über den Genfer See bis an den Jura und entwickelte an diesem seine höchste Höhe in der Verlängerung der Richtung des unteren Rhônethales. Er füllte das ganze Hauptthal des Wallis mit seinen zahlreichen Nebenthälern aus und reichte um mehrere Tausend Fuß über die Thalsohle hinauf, wie die polierten Felswände und die oberen Blockwälle uns anzeigen.

Viel kleiner als der Rhônegletscher war der des Aargebietes. Er füllte die Thäler des Berner Oberlandes aus und glättete die Felswände bis 600 m über die jetzige Thalsohle hinauf. Er bedeckte die Becken des Brienzer und Thuner Sees und breitete sich nördlich von Thun über das Land aus. Er erreichte seine nördliche Grenze bei Burgdorf, indem er dort durch den Rhônegletscher am weiteren Vordringen verhindert wurde. Ein Arm dieses Gletschers ging über den Brünig hinaus und reichte bis zum Vierwaldstätter See. Gesteinsarten des Aarthales finden sich noch 235 m hoch über dem Sarnersee, wogegen Blöcke des Reußthales fehlen, weil das Sarnenthal vom Aargletscher erfüllt war.

Der Reußgletscher erhielt seine Zuflüsse aus den Thälern des Kantons Uri, aus dem Engelberg und Muottathal. Der Hauptgletscher kam aus Uri und füllte das Thal des Urnersees aus; er reichte zur Zeit der größten Ausdehnung am Axenberg und an der Fronalp bis 1200 m ü. M., wie die dort liegenden Gotthardtgranite beweisen; in viel größerer Menge finden wir dieselben aus der Zeit des Rückzuges des Gletschers auf den tieferen Terrassen von Morschach (Axenstein 717 m) und von Seelisberg 845 m ü. M. Am Gebirgsstock der Hochfluh und des Rigi teilte der Gletscher sich in zwei Arme, von denen der linke das Becken des Vierwaldstättersees einnahm und von da allmählich den Kanton Luzern mit einer Eisdecke überzog, der rechte aber, mit dem Muottagletscher sich vereinigend, zwischen dem Rigi und Roßberg nach dem Kanton Zug vordrang und von dort aus über das Freiamt und den Bezirk Affoltern sich verbreitete. Beide Arme hatten sich nördlich vom Rigi wieder zu einer Masse verbunden. An der dem Urnerthal gegenüberliegenden Hochfluh staute sich der Gletscher, daher hier Gotthardtgranite bis zu 1330 m ü. M. gefunden werden, während sie an den übrigen Stellen des Rigi bis etwa 1100 m ü. M. reichen. Die höher liegenden Partien des Rigi erhoben sich mit dem Vitznauerstock und der Hochfluh inselartig aus diesem Eismeer. Eine große Mittelmoräne brachte die unzähligen, weißkörnigen Gotthardtgranite (Geißberger) und gneisartigen Gesteine, welche die Bergterrassen hoch über dem Urnersee und die Umgebung des Rigi und des Bürgenstockes bedecken. Einer rechten Seitenmoräne sind die Taviglianа-Sandsteine und Porphyre der Windgelle zuzuschreiben, welche ab Morschach, am Steinenberg, am Nordfuß des Rigi, auf der Terrasse von Schindelbach (784 m ü. M.) und am Zugersee getroffen werden; einer linken Moräne dagegen die ungeheuren Kalksteinmassen, welche bis weit an den Pilatus hinaufreichen und bei Herrgottswald einen mächtigen, von Gebirgsbächen durchfurchten Wall bilden. Von zweifelhaftem Herkommen sind die Halbkerngranite, die am Vorgebirge der oberen Nase zwischen Vitznau und Gersau vorkommen. Zur Zeit seiner größten Ausdehnung reichte dieser Gletscher bis an die Albiskette hinauf und streckte durch die Schnabellücke und die Mutschelle seine Arme in das Limmatgebiet hinüber, diesem Gotthardtgranite zuführend.

Zwischen dem Reuß- und Aargletscher und der Endmoräne des Rhônebeckens war eine Insel, welche auch zur Zeit der größten Gletscherausdehnung nicht von Eis bedeckt war, so weit sich dieses wenigstens aus dem Fehlen der erratischen Blöcke erschließen läßt.

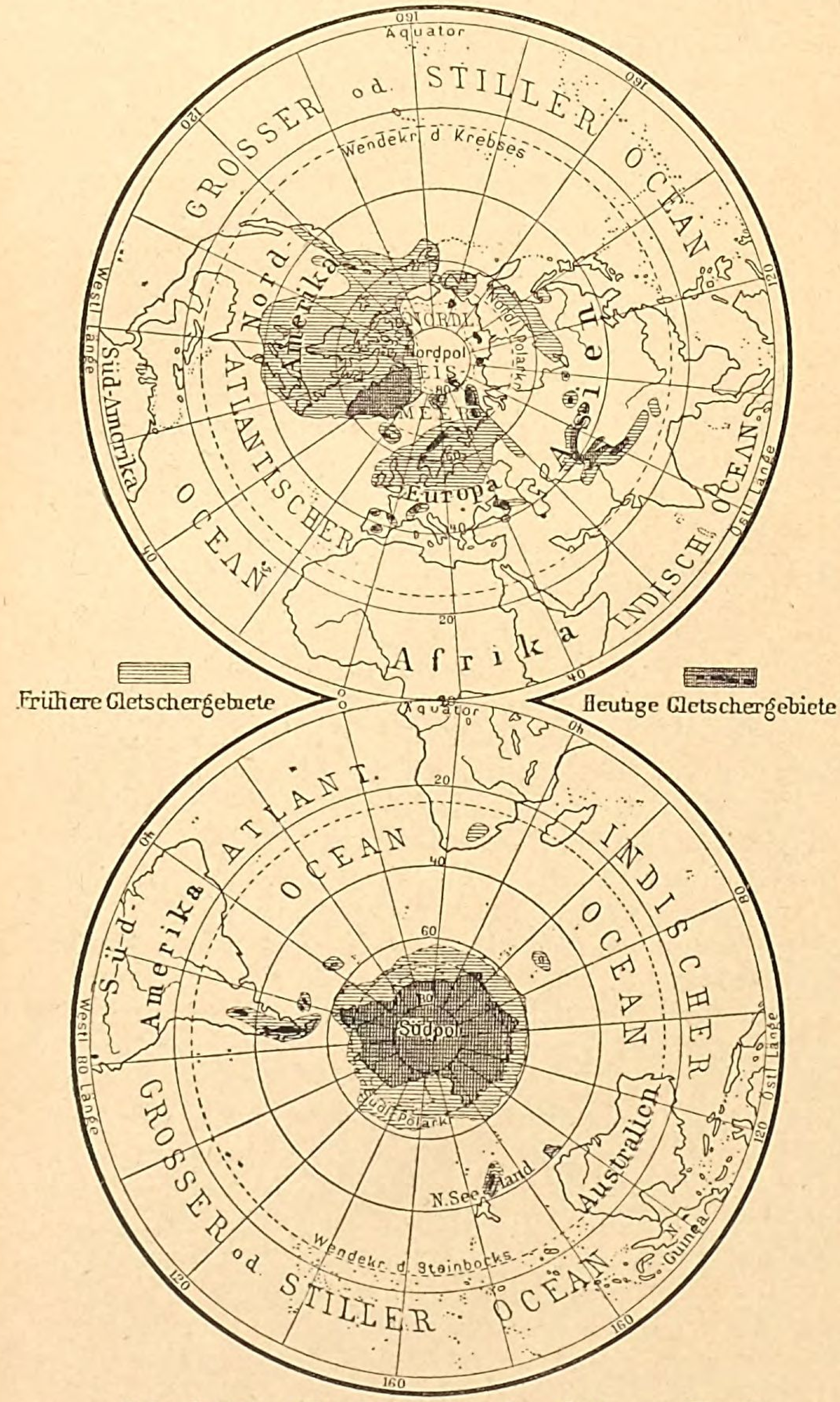
Der Linthgletscher erhält seinen Hauptzufluß vom Kanton Glarus; aber auch durch das Walenseethal muß ein mächtiger Gletscher gekommen sein, welcher, bei Weesen sich mit dem Linthgletscher vereinigend, durch das Gaster und die March nach dem Züricherseebecken sich verbreitete. Er überzog einen großen Teil des Kantons Zürich mit einem mächtigen Eismantel.

Der fünfte große Gletscher ist der des Rheinthales, welcher aus der weiten und hohen Gebirgswand Graubündens sein Material bezog. Dieser Gletscher teilte sich am Schollberge in zwei Arme, von denen der linke den Walenseegletscher bildete, der rechte aber das Rheinthal ausfüllte, den Bodensee und seine Umgebungen unter eine dicke Eisdecke vergrub, bis nach dem Högau hinausreichte und auf seinen Hügelkuppen Denksteine seines einstigen Daseins zurückließ. Die Hauptmasse des Rheingletschers wälzte sich über das württembergische Oberland und reichte bis in die Gegend von Sigmaringen und Biberach im Gebiete der Donau; ein anderer Teil des Gletschers breitete sich in nordwestlicher Richtung über den badischen Seekreis und über Schaffhausen aus. Ueberall finden sich da erratische Gesteine.

Diese fünf großen Gletscher der nördlichen Schweiz berührten sich zur Zeit ihrer größten Ausdehnung an ihren Rändern, die wohl stellenweise aufgestaut und übereinander geschoben wurden, daher auch das Blockmaterial hier sich mischen mußte. Außer diesen großen Gletschern hatte die Schweiz noch mehrere von kleinerem Umfange.

Am Südabhange der Alpen drang ein großer Gletscher aus dem Kanton Tessin in die lombardische Ebene vor und erfüllte das Becken des Langensees. Ein zweiter kam vom

Splügen und Bergell, bildete, mit dem Gletscher des Veltlin sich vereinigend, eine Brücke über den tiefen Comersee und rückte seine Endmoräne bis in die Gegend von Monza vor. Die wunderschöne, von den Armen des Comersee umfaßte Halbinsel von Belaggio ist mit Gesteinen überstreut, welche nur aus den Alpen stammen können. Auch der Gardasee, an dessen reizenden Ufern jetzt Pomeranzen- und Citronenbäume blühen, war einst mit einer Eisdecke bekleidet, über welche ohne Zweifel die großen alpinen Schuttmassen fortgeschoben wurden, welche jetzt bis über Peschiera hinaus das Land bedecken. Am weitesten nach Süden wurde aber der Gletscher des Monte Rosa vorgeschoben, indem er, aus dem engen Thal von Aosta hervorbrechend, bei Ivrea sich über die Ebene ausbreitete und bis Coluso das Land mit alpinen Schuttmassen überhäufte, welche nun die aus der Ebene aufsteigenden, bis 450 m hohen, auf der marinen pliocänen Formation aufruhenden Hügelzüge bilden.



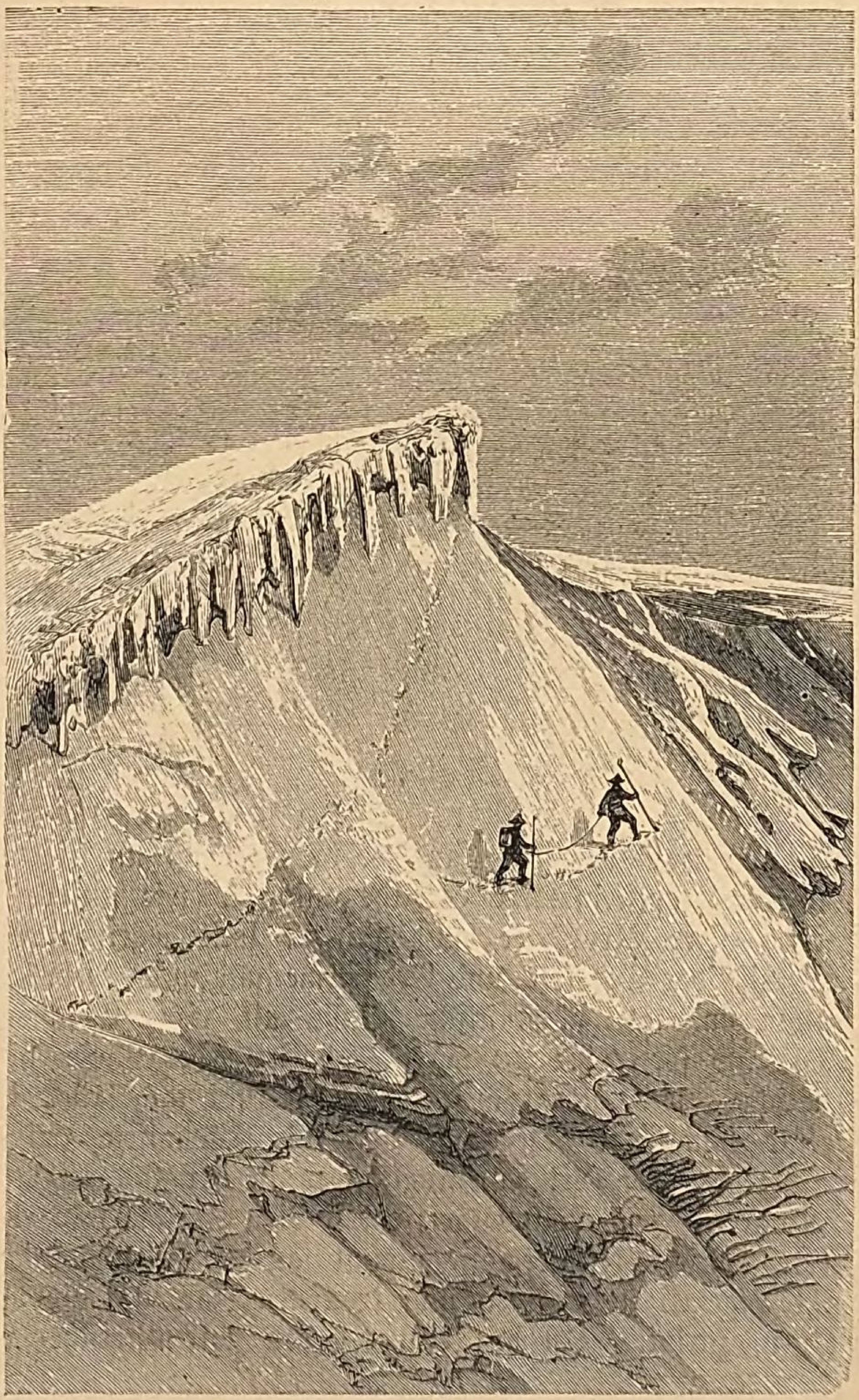
Ueberſicht der Vergletſcherung der Erde zur Eiszeit.

Unser nebenstehendes Kärtchen läßt in anschaulicher Weise den Unterschied zwischen der Vergletscherung in der Eiszeit und derjenigen in der Gegenwart erkennen. Was die südliche Halbkugel betrifft, so sind hier nur ganz vereinzelte Spuren einer früheren Vergletscherung gefunden worden und diese fallen fast ausnahmslos in Gebiete, die auch heute noch Vergletscherung aufweisen.

Ueber die Ursachen der Vergletscherung ist, wie schon an anderer Stelle erwähnt wurde, die Wissenschaft noch völlig im Unklaren; keine Hypothese, die in dieser Beziehung aufgestellt worden ist, hat sich zu allgemeiner Anerkennung durchzuringen vermocht. Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß auch in weit älteren geologischen Perioden, so im Silur, in der Steinkohlen- und in der darauf folgenden permischen Zeit Spuren von Gletscherwirkung, so namentlich Fortschaffung von großen Felstrümmern auf bedeutende Entfernungen beobachtet worden sind, und daß man hieraus einen weiteren Einwand gegen die vielseitig bekämpfte, aber noch nie stichhaltig widerlegte Ansicht zu gewinnen gesucht hat, daß die

Temperatur der Erdoberfläche in früheren Zeitaltern unter Einfluß der größeren Eigenwärme der Erde eine gleichmäßigere als in der Gegenwart gewesen sei. Nehmen wir jedoch den Ausführungen nach an, daß in jenen Zeitaltern beträchtliche Faltenerhebungen stattgefunden haben, und fassen wir ferner die Thatsache ins Auge, daß die Temperatur in senkrechter Entfernung von der Erdoberfläche rasch sinkt, so verliert dieser Einwand entschieden an Bedeutung, zumal, wenn wir noch weiter in Erwägung ziehen, daß der mutmaßliche größere Feuchtigkeitsgehalt der Luft in jener fernen Zeit viel Wärme für die Verdunstung in Anspruch genommen haben wird.

Die Spuren der Vergletscherung im Verlaufe der Eiszeit sind leicht zu erkennen, seit die Wissenschaft den verwandten Erscheinungen der Gegenwart eine größere Aufmerksamkeit zugewendet hat. Die typischen Vorgänge hierbei sind die Fortbewegung von Gesteinsmassen und die Bildung von Moränen, die je nach ihrer Lage als Seiten-, Mittel-, Grund- und End-Moränen bezeichnet werden.



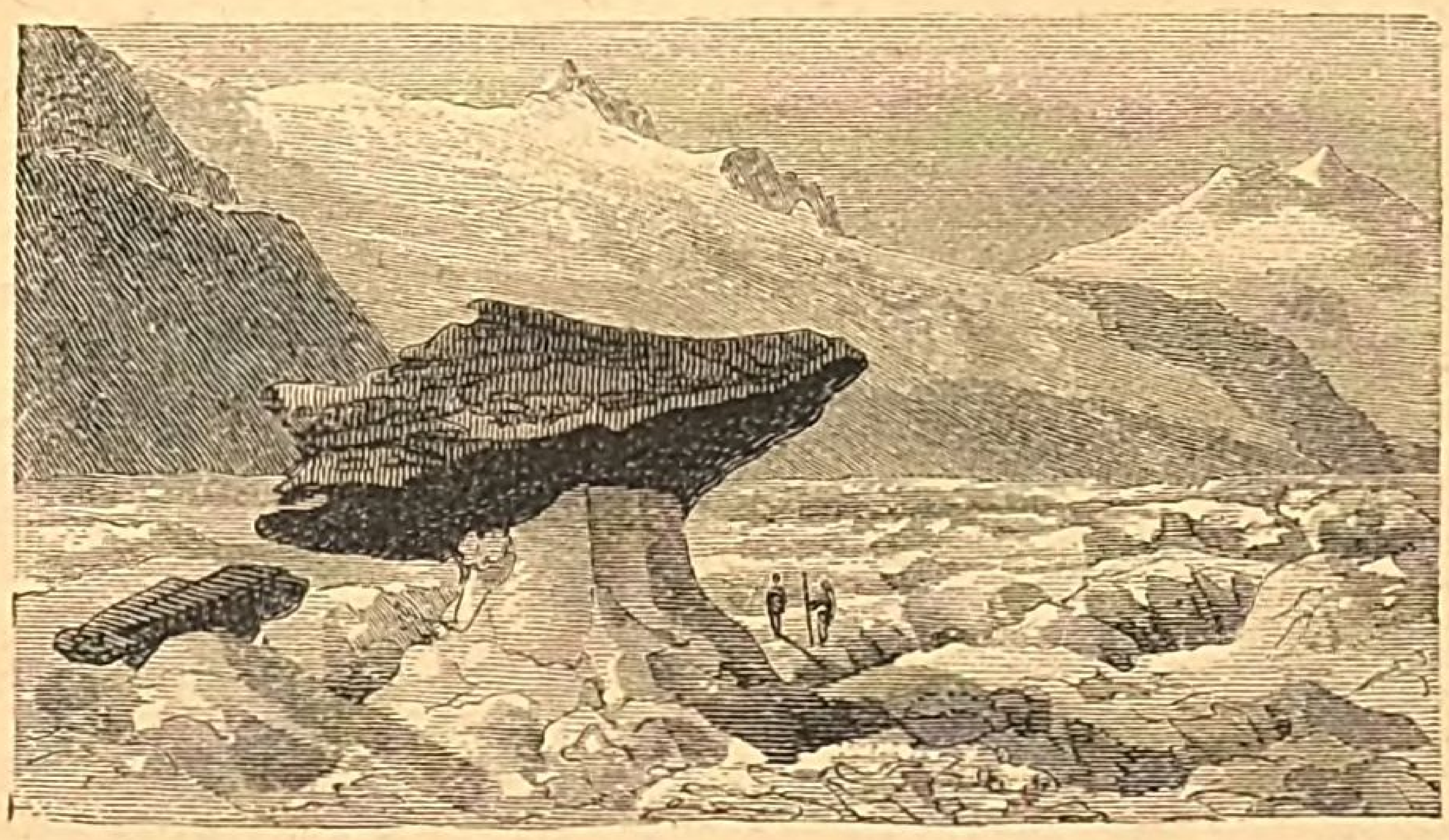
Schneewächte am Schwärzeberg
in der Monterosa-Gruppe.

Koken faßt das Wesentliche der Gletscherwirkung auf die Gesteinsbewegung in Folgendem zusammen: „Der Gletscher, der sich in ein bis dahin eisfreies Thal hineindrängt, findet hier den Schutt vor, der aus der Verwitterung der anstehenden Gesteine zum Teil an Ort und Stelle entstanden, zum Teil von den benachbarten Höhen herabgespült oder gestürzt ist. Diese Schuttmasse wird in die Bewegung des wandernden Eises mit hineingezogen und dorthin geschoben, wo das stärkere Abschmelzen dem Wandern des Eises ein Ende bereitet; die Grundmoräne häuft sich hier in der Form von Stirnmoränen an, welche dem Rande des Eises parallel gelagert sind und wie Maximalthermometer*) registrieren, wie weit das Gletscherende einstmals vorgedrungen war. Die Grundmoräne wird aber nicht allein dadurch fortgeschoben, daß die Bewegung des Gletschers sich ihr mitteilt, sondern sie friert zum großen Teil mit dem Gletscher zusammen und macht seine Unterseite

*) Das Maximalthermometer zeigt den höchsten Wärmegrad an, der innerhalb des Zeitraumes von einer Beobachtung bis zur anderen geherrscht hat. Dies geschieht, indem die Quecksilbersäule im Thermometerrohr ein Stäbchen vor sich herschiebt, das, wenn das Quecksilber infolge der Abkühlung wieder zurückgeht, an seinem Platze liegen bleibt, also nicht mit zurückgeht.

dadurch zu einer riesigen Raspel, welche überall, wo sie über nackten Felsboden fährt, diesen glättet und mit parallelen, der Bewegungsrichtung entsprechenden Schrammen bedeckt. Die Grundmoräne selbst zeichnet sich dadurch aus, daß in einer ungeschichteten, lehmartigen, aus der Zerreibung der weicheren Gesteine entstandenen Masse eine Menge Felsstücke verschiedenster Größe eingebacken sind, welche durch gegenseitige oder durch Reibung an der Unterlage vielfach gekritzt, geschrammt und selbst poliert, häufig an ihren Kanten bestoßen, aber niemals rundgeschliffen wie Fußgerölle sind.

Die an den Rändern der Gletscher von den benachbarten Höhen durch rieselndes Wasser unter Mitwirkung des Frostes losgelösten und hier sich anhäufenden Schuttmassen bilden infolge der Fortbewegung des Gletschers selbst lange Streifen, die als Seitenmoränen bezeichnet werden. Wenn an einer Thalgabelung zwei Gletscherströme sich zu einem einzigen verbinden, so werden ihre beiderseitigen inneren Seitenmoränen zu einem Strange vereinigt, den man Mittelmoräne nennt. Was die Eismasse des Gletschers selbst betrifft, so besteht sie aus dicht aneinander gefügten Eiskörnern, die an der Oberfläche kleiner sind, gegen die Tiefe hin aber an Größe stetig zunehmen. Blaue Bänder aus ganz dichtem Eise und sogenannte Schmutzbänder, die aus weniger dichtem Eis bestehen und an der Oberfläche durch Staub oder andere Bestandteile verunreinigt sind, wechseln mit einander ab. Die Nahrungsquelle des Gletschers ist der Firnschnee auf den höchsten Höhen der Berge und in ihren Schründen und sonstigen Vertiefungen. Dieser Firnschnee breitet sich oft über größere Flächen aus und bildet die Firnfelder, deren unterste Schicht aus denselben Gründen, wie sie bereits für die Gletschereis-Bildung angegeben wurden, „regeliert“*). Auf Kämmen oder anderen, dem Winde ausgesetzten Felsrändern häufen sich „Schneewächten“ (angewehter Schnee) an, die oft den Rand selbst weit überragen und hier tropfsteinartige Gebilde ansetzen, wie unsere Abbildung auf S. 643 ein solches zeigt. Der Firnschnee ballt sich zu lockerliegenden Eiskörnern zusammen, die unter dem Einflusse der Sonnen- und Erdwärme und unter dem Drucke ihrer eigenen Masse zusammensintern und als zähplastische Masse mit einer Geschwindigkeit von 15 cm bis 1,3 m (in Grönland sogar bis 20 m) täglich nach der Tiefe hin sich bewegen. Das Ende eines Gletschers wird Gletscherzunge genannt und rückt in der Regel tief unter die Schneegrenze hinab, so daß man hier die Eismassen zwischen tannenbewachsenen Bergwänden (wie z. B. am Grindelwaldgletscher in der Schweiz) oder inmitten einer tropisch-üppigen Vegetation (wie beispielsweise auf Neu-Seeland) in breitem Bande sich zu Thale senken sieht. Die Gletschermasse nimmt an Länge und Mächtigkeit in schneereichen Jahren zu, geht dagegen in warmen und trockenen Jahren, besonders wenn mehrere solche aufeinander folgen, zurück. In den Alpen haben wir Gletscher von großer Länge und Mächtigkeit;



Gletschertisch.

*) Regelation s. v. w. Wiedergefrierung, nennt man das Aneinanderfrieren von Schneekrystallen oder Eisstücken, die aneinander gepreßt werden. Bringt man in einen Metallcylinder Schnee und setzt einen gut passenden Stempel darauf, so genügen einige kräftige Hammerschläge auf diesen, um den im Cylinder befindlichen Schnee in einen blanken Eiscylinder zu verwandeln. Der Vorgang hat seinen Grund darin, daß zusammengedrücktes Eis schon bei 0 Grad C. flüssig wird; die an ihrem Berührungspunkte schmelzenden Krystalle oder Eisstücke lassen das Schmelzwasser in die zwischen ihnen befindlichen Fugen eindringen, wodurch es sich dem Druck entzieht und wieder gefriert, so daß die ganze Masse nun einen einzigen Eiskörper bildet.

erstere erreicht im Großen Aletschgletscher 24 km, letztere in den oberen Regionen über 300 m.

Wenn um einzelne größere Steinblöcke herum das Eis von der Sonne weggeschmolzen wird, so daß nur unterhalb des Steines ein Rest desselben stehen bleibt, so bildet sich ein sogenannter Gletschertisch, der mitunter, wie auf unserer nebenstehenden Abbildung, die Gestalt eines Pilzes annimmt. Oft wird die stets unebene und von runzelförmigen Erhöhungen durchzogene Oberfläche des Gletschers infolge der Bewegung über Ungleichheiten



Gletscherspalten und Gletscherbrücken am Rhônegletscher.

des Bodens aufgerissen und bildet dann Spalten, die eine beträchtliche Tiefe und Länge erreichen können. Solche Spalten entstehen (als Randspalten) durch die raschere Bewegung der Masse gegen die Mitte hin, oder (als Querspalten) beim Uebergang von einem sanfteren zu einem steileren Abfalle des Untergrundes, oder endlich (als Längsspalten) beim Austritte des Gletschers zu einer Thalenge. Durch in verschiedenen Richtungen verlaufende Spalten wird der ganze Gletscher in Eisnadeln und Eiszacken (Seracs) zerrissen. Führt die Gletscherbahn über einen steilen Felsabhang, so entsteht eine Eiskaskade oder ein Gletschersturz, aus dessen Trümmern sich oft am Fuße des Anhanges durch Zusammenfrieren ein neuer („regenerierter") Gletscher bildet. Gletscherspalten werden

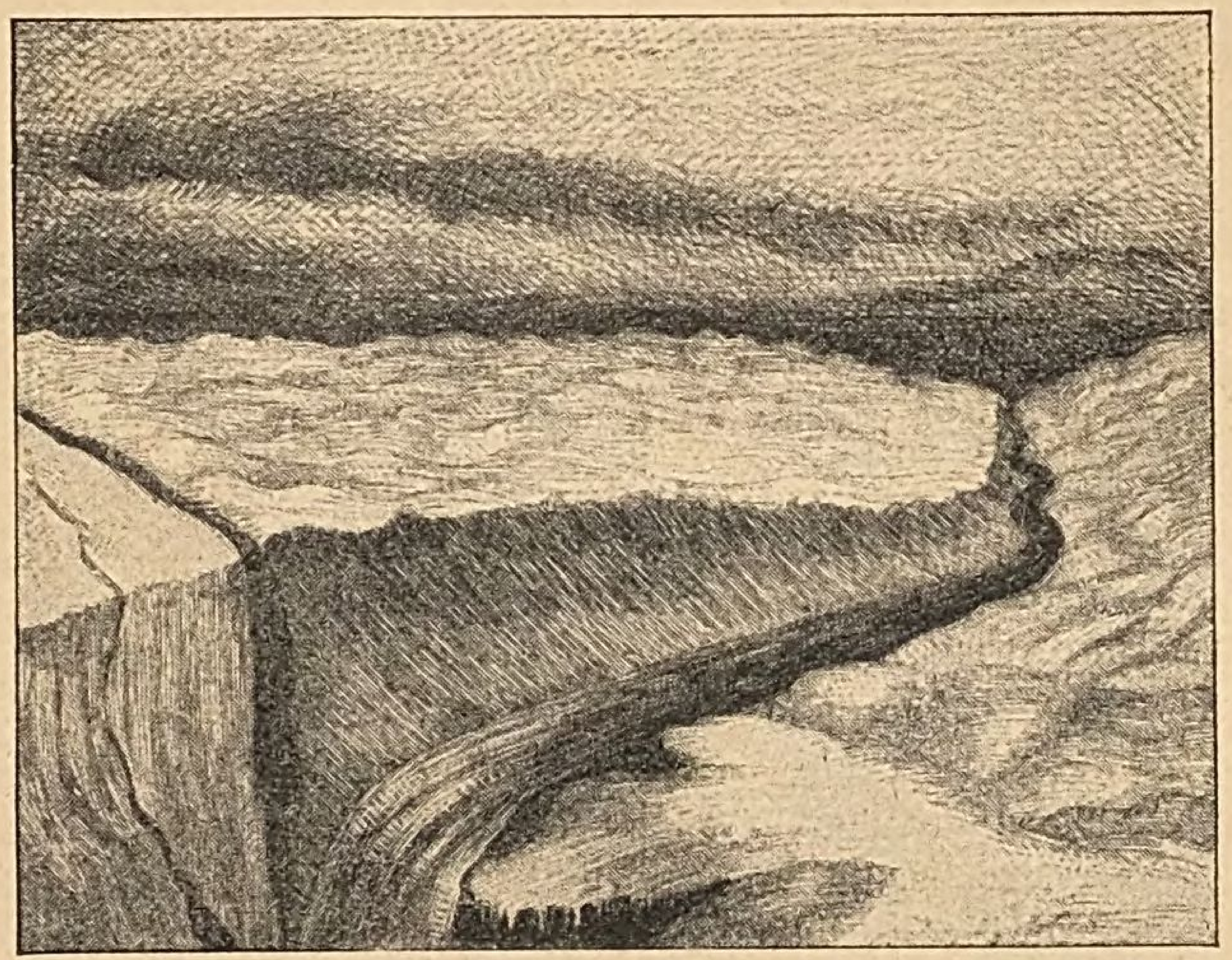
manchmal von Schnee- oder aus solchen entstandenen Eismassen überbrückt, die wie die Abb. auf S. 645 dies zeigt, die schönsten tropfsteinartigen Gebilde hervorbringen. Die Gletscherspalten folgen natürlich der Bewegung der Gletscher und erleiden im Verlaufe derselben mancherlei Veränderungen. Die einen schließen, die anderen erweitern sich. Ueberdies trägt die Thätigkeit des Wassers, das Tausende von Sprüngen und Rissen der Gletschermasse durchzieht, zur Veränderung der Form der Spalten bei. Die Wasserläufe vereinigen sich zu Wildbächen, die ungestüm in ihren Betten dahinstürmen und diese aushöhlen, bis sie endlich auf eine Spalte stoßen und in diese in wildem Wirbeltanze sich hineinstürzen. Durch die mechanische Einwirkung von hartem Material (Sand, Felsblöcken u. s. w.), das vom Wasser mit in die Tiefe hinabgerissen wird, wird auch der Felsgrund, auf welchem der Gletscher ruht, angegriffen und ausgehöhlt. Wird ein größerer Felsblock in eine solche Höhlung hineingeschleudert, so bewegt ihn das Wasser in derselben wirbelnd ringsum, und es entsteht eine **Gletschermühle**, wie unsere Abbildung sie zeigt. Tyndall hat einige dieser Gletschermühlen gemessen und sie bis 27 m tief gefunden; in einer noch in Thätigkeit befindlichen sank das Lot 49,55 m, ohne daß der Grund erreicht worden wäre, und Professor Desor fand sogar Tiefen von 232 m.



Gletschermühle.

Die Erscheinungen der Eiszeit werden sich von denjenigen, die wir heute in unseren Hochgebirgen beobachten können, nur durch gesteigerte Großartigkeit unterschieden haben, und wenn wir die mächtigen Inlandeismassen auf Grönland, sowie deren Abflüsse, die gewaltigen Gletscher ins Auge fassen, deren eine unsere Abbildung auf S. 647 veranschaulicht, so können wir wohl sagen, daß die Gletscherwelt der Eiszeit hier ihresgleichen findet. Das grönländische Inlandeis bedeckt, wie Neumayr in seiner „Erdgeschichte" schreibt, in einer den großen Hauptzügen nach gleichmäßigen, schwach ansteigenden Fläche das ganze Land, Berg und Thal unter seiner Decke vollständig verhüllend. Im Centrum des Landes scheint das Eis die größte Höhe zu erreichen und wölbt sich von da als ein flacher Dom nach allen Seiten der Küste zu. Nansen vergleicht in seinem Werke: „Auf

Schneeschuhen durch Grönland" diese Wölbung mit einer Cylinderfläche oder — vielleicht richtiger — mit einer Kegelfläche, die gegen Norden ansteigt und sich von einer Küste bis zur anderen erstreckt. Die Mächtigkeit dieser Eismassen muß eine ganz riesige sein, wenn auch bei weitem nicht so kolossal als man wohl stellenweise aus theoretischer Voreingenommenheit angenommen hat. Bodenlos tiefe Klüfte durchziehen die Eismasse, die Oberfläche ist wellig und zahlreiche, teilweise sehr wasserreiche Bäche (wie unsere Abbildung einen solchen zeigt) fließen in den Einsenkungen. Auch hierin weicht Nansens Bericht von der Darstellung Neumayrs insofern ab, als er nur bis zu 15 km von der Ostküste und 40 bis 45 km vom Rande des Inlandeises entfernt, in der Nähe der Westküste auf Spalten traf, im ganzen Innern aber keine Spur von solchen fand und auch Bäche auf dem Inlandeise so gut wie gar nicht sah, was aber möglicherweise darauf zurückgeführt werden kann, daß die Jahreszeit, in welche seine Wanderung durch das grönländische Binnenland fiel



Grönländisches Inlandeis.



Gletscher von Sermitsialik
auf Grönland.

(September 1888), schon ziemlich weit vorgerückt war. Das Wasser sammelt sich in der Regel zu Seen auf der Eisfläche, welche meist durch einen die Dicke des Eises durchbohrenden Kanal, vielleicht durch gewaltige Systeme von Eisgrotten sich nach der Tiefe stürzend, auf den Felsboden ihr Wasser abgeben. Oft auch versinken die Flüsse in riesigen Gletschermühlen. Im Sommer, wenn der Schnee abgeschmolzen ist, zeigt sich das Eis vielfach von grauer, thoniger Erde beschmutzt, welche sich oft in hinreichender Menge sammelt, um in der warmen Jahreszeit eine dürftige Vegetation auf der Oberfläche des Eises zu unterhalten. Die Bewegung des Inlandeises scheint, seiner sehr geringen Neigung entsprechend, eine sehr langsame zu sein. Stellenweise schiebt sich dasselbe in mächtiger Breite gegen das Meer vor, so weit, als es seiner Masse nach auf dem Boden des Meeres aufruhen kann, wo das Wasser aber zu tief ist, um dies zu gestatten, da lösen sich allmählich einzelne Schollen von der Stirn ab und schwimmen als Eisfelder, oft von ansehnlicher Größe, von dannen. Anders aber verhält es sich, wenn ein bergiger Uferrand das Vordringen des Eises hindert und dasselbe nur durch einzelne verhältnismäßig schmale Oeffnungen hervorbringen kann. An diesen Stellen erreicht das Eis die größte Schnelligkeit, die überhaupt bis jetzt beobachtet worden ist, bis zu 20 m in einem Tage, es entstehen Gletscherbrüche der gewaltsamsten und größten Art, wie Nordenskjöld schreibt, reißende Eisfälle, wobei die mächtige Eisdecke, zersplittert und zerbrochen, mit verhältnismäßig heftiger Fahrt einen wenig breiten, steilen Thalweg hinuntergepreßt wird, wo die Eisblöcke mit mächtigem Getöse einer über den anderen dahinstürzen, und wo Eisberge von riesigen Dimensionen zu Hunderten und Tausenden hinuntergeschoben werden. Diese Gletscherbrüche des Inlandeises sind es, welche die Meere der Polargegenden mit Eisbergen versehen, die dann oft, von Strömungen getrieben, bis weit in die gemäßigte Zone hinausschwimmen.

Auch in denjenigen Gebirgen, die unsere Alpen, wie sie jetzt sind, bedeutend überragen, so im Kaukasus, Himalaya, Kuenlün und Thianschan, erreicht die Gletscherbildung weit größere Dimensionen als hier, vorausgesetzt, daß zu ihrer Speisung genügende Niederschlagsmengen vorhanden sind. Während beispielsweise die Gletscherbildungen im Karakorumgebirge in Inner-Asien außerordentlich mächtig entwickelt ist, fehlt es dem Altai, obgleich er bis an den 55. Grad nördl. Br. hinaufreicht und in seinen Hauptzügen die Schneegrenze um ein Bedeutendes überragt, gänzlich an Gletschern. Auch die südamerikanischen Anden haben trotz ihrer gewaltigen Höhe wegen der dort herrschenden Trockenheit nur eine auffallend schwache Gletscherbildung aufzuweisen, und erst in ihrem südlichsten Teile finden sich sehr stark entwickelte und teilweise (namentlich auch auf den Inseln) bis an das Meer herabreichende Gletscher, obwohl die Erhebungen hier mit denjenigen im mittleren Teile Süd-Amerikas gar nicht zu vergleichen sind. Die Ursache dieser Erscheinung ist einerseits die außerordentlich reiche Niederschlagsmenge, die diesem Gebiete zukommt, andererseits die niedrigere Temperatur in diesen südlichen Breiten. Die Falklandinseln in Süd-Georgien, die unter einer Breite liegen, welche derjenigen von Berlin ungefähr entspricht, sind total vergletschert, und auf der Südinsel von Neu-Seeland, die etwa die gleiche Breitenlage hat wie die reich gesegnete lombardische Ebene, und wo die mittlere Jahrestemperatur noch diejenige von Wien übersteigt, reichen die Gletscher bis mitten in eine fast tropische Vegetation hinab. Besonders bemerkenswert sind die außerordentlichen Temperaturschwankungen, die in den höheren Partien der Gebirge Neu-Seelands herrschen. Dr. Franz Kronecker schreibt hierüber in seinen „Wanderungen in den südlichen Alpen Neu-Seelands“: „Diese Schwankungen sind weit erheblicher als in unseren Alpen, da das Mont Cook-Gebiet erstlich in einer wesentlich niedrigeren geographischen Breite liegt (etwa unter einem der Breite von Rom entsprechenden Grade), zweitens aber die Atmosphäre Neu-Seelands einer größeren Klarheit sich erfreut, als man sie in unseren Alpen zu beobachten pflegt. Der Reflex der Sonne auf die gewaltigen Eis- und Firnflächen ist daher sehr bedeutend und die Hitze auf den Gletschern und Schneefeldern Neu-Seelands während des Tages deshalb ungleich intensiver als wir es in der Schweiz und in Tirol finden. Nicht selten steigt auf diesen Gletschern das Thermometer schon um 10 Uhr morgens auf + 20° C., um kurz nach Mittag an

geschützten Stellen bis + 30° C. und noch höher hinaufzuklettern. Sobald die Sonne hinter den benachbarten Bergwällen verschwindet, tritt eine starke Wärmeausstrahlung ein, und die Temperatur sinkt rapide, um kurz vor Sonnenaufgang des folgenden Tages tief unter 0°, nicht selten auf — 15° C. herabzugehen. Was das für Folgen haben muß, ist leicht zu begreifen. Eine starke Eis- und Schneeschmelze hat stattgefunden, nicht allein auf dem Gletscher selbst, auch an den Bergwänden bis zu den höchsten Spitzen und Firnen hinauf; zahllose Rinnsale stürzen hinab, Lachen haben sich zwischen dem Gestein gebildet, das Eis in den Ritzen und Spalten der Felsen ist geschmolzen. Jetzt kommt die Kälte der Nacht. Alles erstarrt. Das in den Lücken, Spalten und Klüften des Gesteins angesammelte Wasser ist wieder Eis geworden, und da das Eis einen erheblich größeren Raum beansprucht als jene Wassermenge, welcher es entstammt, so sprengt es die Felsen auseinander, welche nun als Steinlavinen zu Thale donnern. Es bedarf nicht erst der Wärme des Tages, um die Eis-, Stein- und Schuttmassen in Bewegung zu setzen. Eines

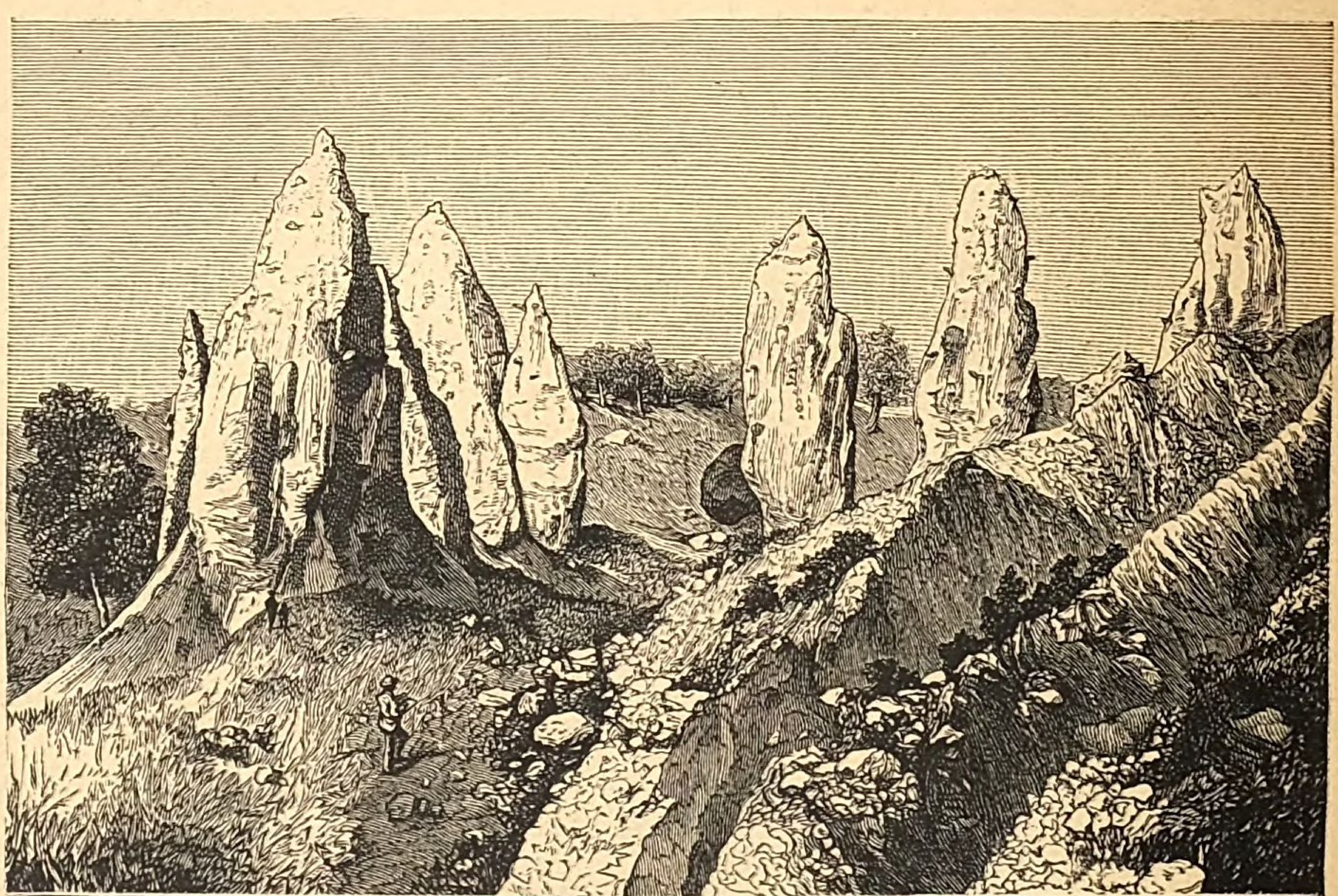


Altes Gletscherbett.

der Elementargesetze unserer Alpen besagt, daß man während der Nacht und kurz nach Sonnenaufgang vor Lavinen sich ziemlich sicher weiß — in Neu-Seeland stürzen die Lavinen zu jeder Tages- und Nachtzeit; nie ist der Wanderer vor ihnen sicher, und mir selbst ist es beim Biwakieren am Tasman-Gletscher mehr als einmal passiert, daß mich der Donner der Geschütze, welche die feindlichen Naturgewalten spielen ließen, vor Sonnenaufgang aus dem Schlafe weckte.

Alle diese Umstände zusammengefaßt, zu denen noch die Einflüsse sich gesellen, die die Verteilung von Wasser und Land auf die klimatischen Verhältnisse ausübt, gelangen wir zu der Einsicht, daß es durchaus nicht nötig erscheint, unseren Scharfsinn oder unsere Phantasie übermäßig in Anspruch zu nehmen, um uns die Zustände während der Eiszeit zu vergegenwärtigen, oder nach Erklärungen für ihre Ursachen zu suchen. Wir brauchen die Erscheinungen, die die Gletscherbildung der Gegenwart mit sich bringt, keineswegs zu übertreiben, sondern müssen uns nur ihre räumliche Verbreitung wesentlich gesteigert vorstellen und die Verhältnisse, wie wir sie auf Grönland und anderen arktischen Gebieten

vorfinden, als das normale Maß derjenigen ansehen, die in der Eiszeit geherrscht haben. Denken wir uns Holland, Dänemark, Norddeutschland, Polen und das nördliche Rußland von einer Inlandeisdecke überzogen, wie sie Grönland noch heute hat, und die Gebirgsgletscherbildung auch auf das europäische Mittelgebirge ausgedehnt und in entsprechendem Verhältnisse im Hochgebirge gesteigert, so wird diese Vorstellung den Verhältnissen der Eiszeit so ziemlich genau entsprechen. Nach dem Abschmelzen des Eises blieben überall die Grundmoränen als Lehmlager, in denen Geschiebe eingebettet war, die Endmoränen als Steinwälle, die Blöcke, die sowohl von dem nordischen als auch von den mitteleuropäischen Gebirgsgletschern weit ins Land hinausgetragen worden waren, als Findlinge zurück; auf dem Grunde der einstigen Gletscherbetten siedelte sich wieder eine, wenn auch dürftige, Vegetation an, und es entstanden hier zunächst jene düsteren Landschaftsbilder, wie wir sie noch jetzt in höher gelegenen Gebirgsthälern vorfinden und wie unsere Abbildung auf



Steinnadeln.

S. 649 sie veranschaulicht. Wo durch die Gewalt des Wassers die zusammengebackenen Lehm- und Schuttmassen, obwohl sie eine derjenigen des Gesteines nahekommende Festigkeit erlangt hatten, ausgespült und fortgeschwemmt wurden, blieben stellenweise dichtere oder in irgend einer Weise geschützte Trümmer stehen und wurden durch die Erosion zu zacken- oder nadelförmigen Gebilden, sogenannten „Steinnadeln“ umgebildet, wie solche obenstehend abgebildet sind.

In arktischen Gegenden findet man Gletscher aus der Diluvialzeit, in denen sich sogar das Eis noch bis heute erhalten hat. So berichtet Seemann, Naturforscher des „Herald“, von einem Gletscher in der Kotzebue-Bai im Nordwesten der Behringstraße, den er 1850 näher zu untersuchen Gelegenheit hatte. Die englischen Matrosen, die ihn begleiteten, sahen zu ihrem Erstaunen über dem Seitenrande einer Gletschermasse eine dicke Thonschicht aufliegen, die zwischen 1—7 m Mächtigkeit hatte und die von einer Torfdecke überkleidet war, die eine üppige Vegetation von Buschwerk, Weiden, Heidekraut und anderen krautartigen Pflanzen, vermischt mit Moosen und Flechten trug. Diese Torfschicht als

Decke auf einem Gletscher ist von geologischer Bedeutung, denn sie zeigt, daß das Alter des darunterliegenden Eises auf Jahrhunderte geschätzt werden muß, weil eine Torfbildung nur innerhalb langer Zeiträume stattfinden kann. Doch waren andere Beweisstücke vorhanden, welche unzweifelhaft darthaten, daß jenes Eis noch viel älter war, denn man fand in demselben eingeschlossen große Knochen vom Elephanten neben solchen von Pferden, Rentieren und Moschusochsen. Einer von den Zähnen des Elefanten (oder besser Mammut) maß 4 m in der Länge und wog 79 kg. Wir wissen, daß das Mammut ein fossiles Tier ist, d. h. einer ausgestorbenen Art angehört. Der fragliche Gletscher, dessen Abbildung wir hier geben, rührt daher aus der Eiszeit her, in welcher das Mammut auf der nördlichen Erdhälfte bis zu den hohen Breiten hinauf noch lebte; er ist im wahren Sinne des Wortes ein „vorweltlicher Gletscher". Wenn auch nicht angenommen werden kann, daß das Mammut in jenen hohen Breiten von der Eiszeit sich hat überraschen lassen, so ist es doch keineswegs verwunderlich, daß seine Ueberreste dort aufgefunden worden sind. Bekanntlich haben die Ströme Sibiriens, die sich in das Nördliche Eismeer ergießen, einen außerordentlich langen Lauf. Es ist also sehr wohl denkbar, daß jenes Mammut aus einer bereits tief in der gemäßigten Zone gelegenen Gegend stammte, und daß seine Leiche von dort bis an das Gestade des Nördlichen Eismeeres fortgeschwemmt worden ist. Wie dem aber auch sei, die Thatsache, daß die Eismassen seither sich erhalten haben, war jedenfalls der Wissenschaft sehr dienlich, denn sie giebt ihr Aufschluß darüber, daß auch in jener fernen, fast außer allem Zusammenhange mit dem Kulturleben stehenden Gegend die Eiszeit ihre Wirkung geltend gemacht hat. Nur dadurch, daß jene Mammutleiche in den Eisstrom eines weither aus dem Süden gegen den Norden hin vorgeschobenen Gletschers eingeschlossen worden war, konnte sie so lange erhalten bleiben. Was aber die Beständigkeit der Eismasse selbst anbelangt, so darf nicht vergessen werden, daß in jenem Teile Sibiriens der Erdboden selbst bis in eine Tiefe von ungefähr 120 m beständig gefroren ist; nach Professor Baer in St. Petersburg trifft dies für die Stadt Jakutsk am westlichen Ufer der Lena zu, die unter dem 62. Grad nördl. Br. gelegen und noch mehr als 200 Meilen vom Nördlichen Eismeer entfernt ist.

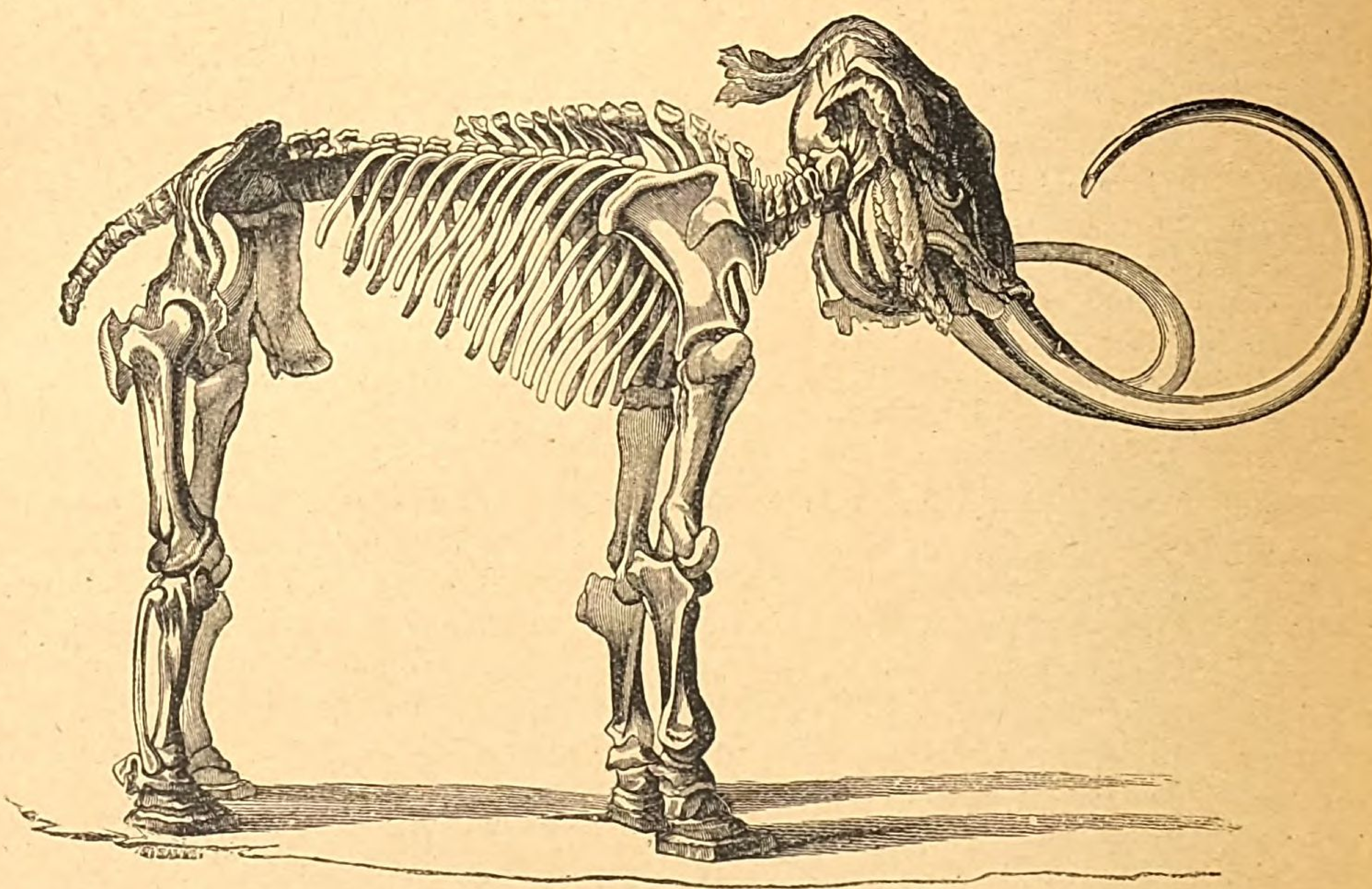


Vorweltlicher Gletscher.

Das Vorkommen des Mammutes in der Eiszeit beschränkt sich übrigens keineswegs auf Sibirien, wenn auch von dorther die meisten Funde von Ueberresten dieser Tiere herrühren.

Wie Prof. Makowsky in den Mitteilungen der „Wiener Anthropologischen Gesellschaft" berichtet, finden sich Mammutknochen u. a. bis ins mittlere und nördliche Mähren, ja selbst bis nach Schlesien hinein. Die Vergletscherung in der Eiszeit reichte selbst zur Zeit ihrer größten Ausdehnung nur bis an den Nordfuß der Sudeten und Karpathen. Der größte Teil des Landes war im Sommer völlig eisfrei und der Boden in der Tiefe nicht gefroren. Eine üppige Wiesen- und Waldvegetation entwickelte sich in den feuchten Niederungen, zumeist aus Nadelhölzern bestehend, die neben Rhinoceros, Wisent und Elentier wohl auch das Mammut ernähren konnten. Die Mammutknochen liegen meistens eingebettet im Löß, dem sandthonigen Staub der Diluvialzeit, der durch heftige Stürme in den Thälern und an den geschützten Berglehnen abgesetzt wurde und so die Tierreste vor gänzlicher Auflösung bewahrt hat.

Es sind hier in der Regel nur die Reste von jüngeren Tieren in größeren Mengen gefunden worden und zwar vermengt mit den Knochen vom Rhinoceros, Pferd und anderen Tieren. Von größtem Interesse aber ist, daß sich an diesen Knochen deutliche Spuren menschlicher Bearbeitung nachweisen lassen, und somit ein Beweis für die Gleichzeitigkeit des Menschen mit dem Mammut erbracht ist. Neben Kohlenschichten finden sich die durch Hitze veränderten, künstlich gespalteten Knochen, oft von Aschenrinden eingeschlossen, und rohe Steinwerkzeuge liegen daneben. Das Mammut wurde zweifellos erlegt und bei seinen Lagerplätzen verzehrt. Der bemerkenswerteste Fund ist im Löß bei der sogenannten Wranamühle nahe von Brünn gemacht worden. Von drei ungleichalterigen, aber jüngeren Mammuttieren wurden drei Oberarmknochen gefunden, bei denen die Gelenkköpfe durch kräftige Hiebe abgeschlagen, die Knochen an einem Ende ausgehöhlt und die Höhlung mit Lehm ausgefüllt war. Das deutet darauf hin, daß ein ganz besonderer Zweck damit verbunden



Sibirisches Mammutskelett.

gewesen sein muß. Nach Virchows Meinung wurden diese Mammutknochen als Sockel eines zugespitzten Holzstammes, also bei Pfahlbauten im sumpfigen Boden benutzt. Die prismatische Aushöhlung kann auch nur an frischen Knochen vorgenommen worden sein, denn ein Knochen, der schon längere Zeit im Boden gelegen, wäre wohl durch eine so kräftige Bearbeitung gespalten und zersplittert worden. Dadurch ist die Annahme, daß die Menschen einer späteren Periode die Knochen und Zähne des Mammuts, wie die Jakuten Sibiriens, erst aus dem gefrorenen Boden ausgruben und dann bearbeiteten, hinfällig geworden.

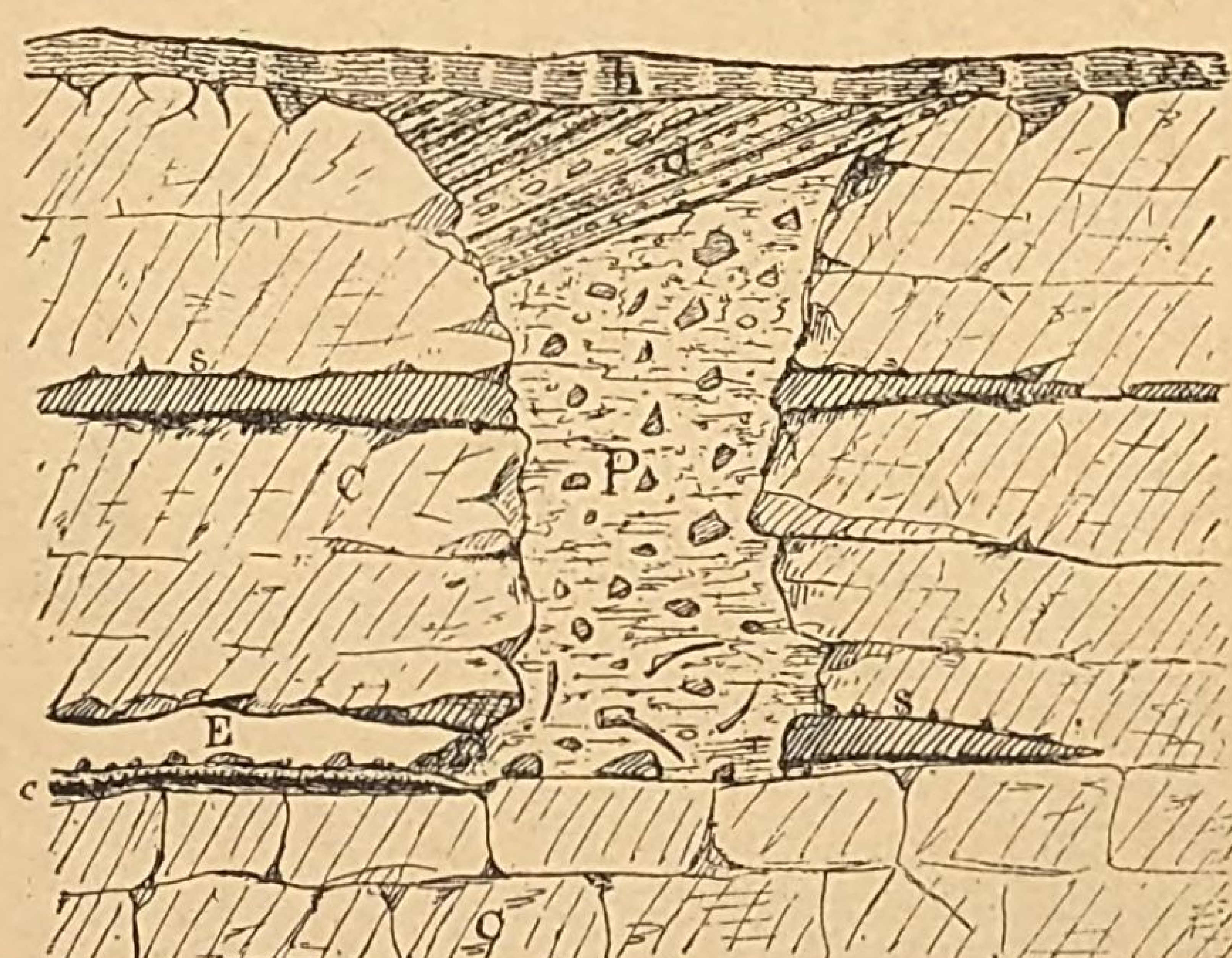
Nachdem die Gletscher der Eiszeit zurückgegangen, und jene Verhältnisse eingetreten waren, die im großen Ganzen denjenigen der Gegenwart entsprechen, begann das für uns interessanteste Zeitalter, dasjenige des Kulturmenschen, dem wir im letzten Kapitel dieses Buches noch unsere Aufmerksamkeit zuwenden wollen.

Drittes Kapitel.

Das Zeitalter des Kulturmenschen.



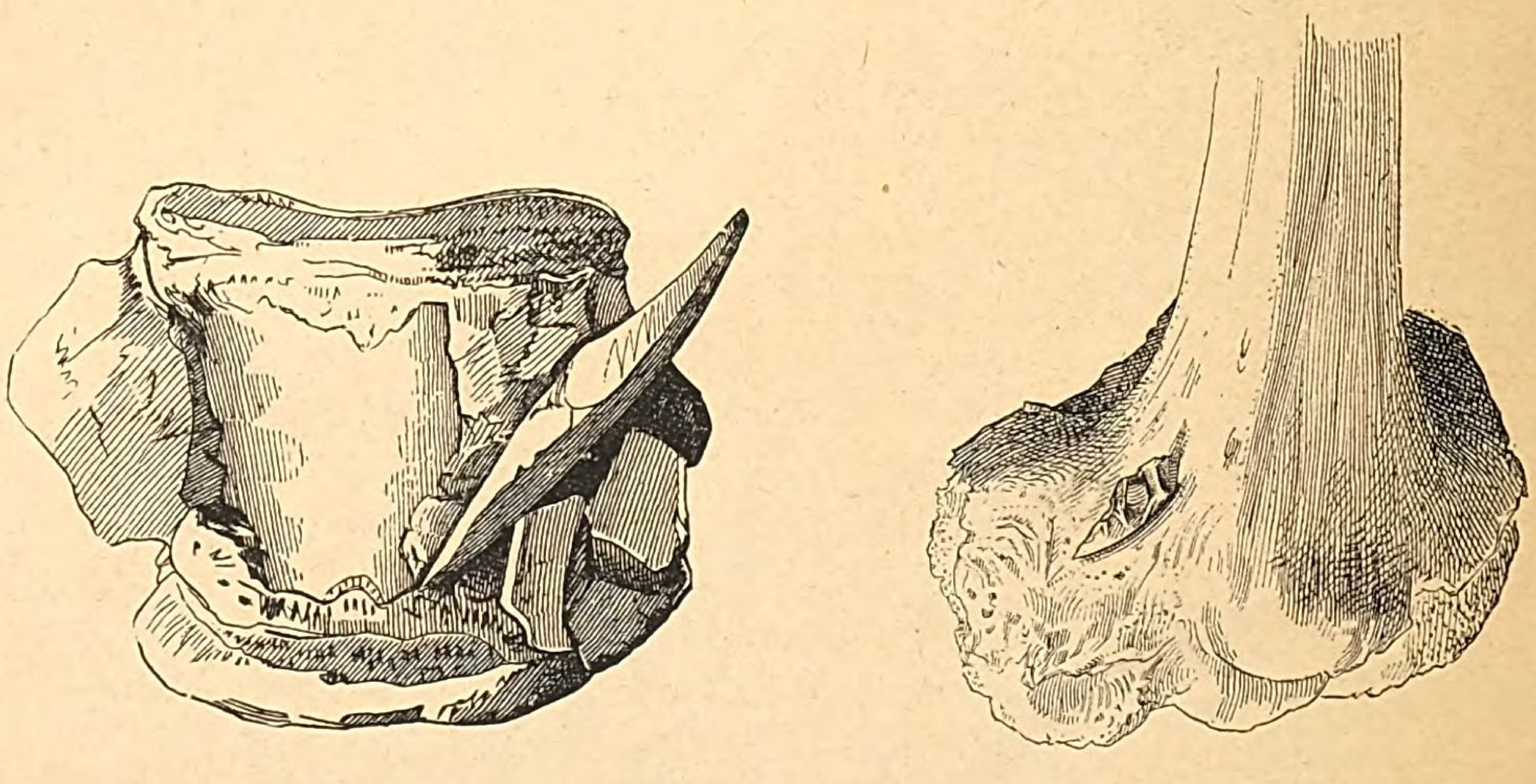
Wenn wir den Begriff der Kultur im engeren Sinne als die Arbeit der Menschheit an ihrer geistigen Ausbildung und Formentwickelung erfassen, so beginnt das Zeitalter des Kulturmenschen mit den Anfängen der Weltgeschichte, d. h. mit jenem Zeitpunkte, wo die Grundlagen aller menschlichen Geistesthätigkeit, Sprache, Schrift und Kunst, bereits vorhanden und die Menschen fähig waren, ihre geistige Arbeit auch dauernd zu verkörpern und der Nachwelt zu überliefern. Versteht man aber unter Kultur im buchstäblichen Sinne des (vom lat. colere, „pflegen“ oder „besorgen“ hergeleiteten) Wortes die Thätigkeit, die auf einen Gegenstand gewendet wird, um ihn für einen bestimmten Zweck brauchbar zu machen, so bestimmen die ältesten Funde, die von Ergebnissen der in diesem Sinne unternommenen Arbeit der Menschenhand Zeugnis ablegen, den Beginn des Zeitalters des Kulturmenschen. Der Kulturmensch im engeren Sinne fällt nicht mehr in den Rahmen der Entwickelungsgeschichte der Natur, sondern gehört der Kultur- und Weltgeschichte an; wir beschränken uns daher hier auf dasjenige, was mit der Entwickelung des Menschen als Naturwesen noch in unmittelbarem Zusammhange steht und zu dem eigentlichen Kulturmenschen überleitet.



Silex-Brunnen von Mur-de-Barrez.
(P) trichterförmige Grube mit Feuersteintrümmern und Hirschhornresten; (h) Humusschicht; (d) Diluviale Schicht; (C) Kalkschichten; (s) Silexplatten; (E) Grundwasser.

Spuren dieses ältesten Kulturmenschen sind an vielen Orten gefunden worden. Sie liegen durchgehends in derjenigen geologischen Formation, die wir als Diluvium kennen und sind sehr zahlreich in Frankreich, aber auch vielfach in Deutschland, England, Belgien, Mähren u. a. Ländern vorgekommen. Die Abb. auf S. 654 zeigen (links) den Wirbel eines jungen Rentieres, in welchem noch die Feuersteinspitze des Pfeiles steckt, mit welchem der Jäger aus der älteren Steinzeit es erlegt hat, aus einer Höhle im Périgord stammend, und (rechts), die andere einen Menschenknochen aus der Grotte von Géménos im französischen Departement der Rhônemündungen, der ebenfalls von einer Pfeilspitze — diese rührt aber aus

der neueren Steinzeit her — durchdrungen ist. Die Abbildung auf S. 653 unten stellt einen sogenannten Silex-Brunnen*) im südfranzösischen Departement Aveyron dar, einer Gegend, die durch ihre Jurakalkformation berühmt ist und in der sich auch viel Feuerstein findet. Die diluvialen Menschen, die dort einst wohnten, haben einen förmlichen Bergbaubetrieb zur Auffindung dieses kostbaren Materiales eingerichtet, und unsere Abbildung zeigt einen der Ausgänge desselben. Diese Brunnen (Puits) stellen einfache Gruben dar, die nach oben trichterförmig erweitert sind; sie stehen aber auch in Verbindung mit tiefer liegenden Gängen von unregelmäßiger Richtung, die mit Hilfe von Hacken aus Hirschhorn hergestellt worden waren; Reste dieser letzteren sind vielfach in den Brunnen vorgefunden worden, und auch derjenige unserer Abbildung (P) enthält mehrere derselben. Feuersteinknollen und Platten von teilweise großen Dimensionen finden sich im Ueberfluß in diesen unterirdischen Gängen. An mehreren Punkten hat man sie in Form von Pfeilern aufgerichtet, um den Einsturze der Höhlung vorzubeugen. Man will sogar aus vorhandenen Spuren erkannt haben, daß solche Feuersteinblöcke, die zu groß waren, um aus den Gängen herausgeschafft zu werden, mittels



Knochen mit Pfeilspitzen.

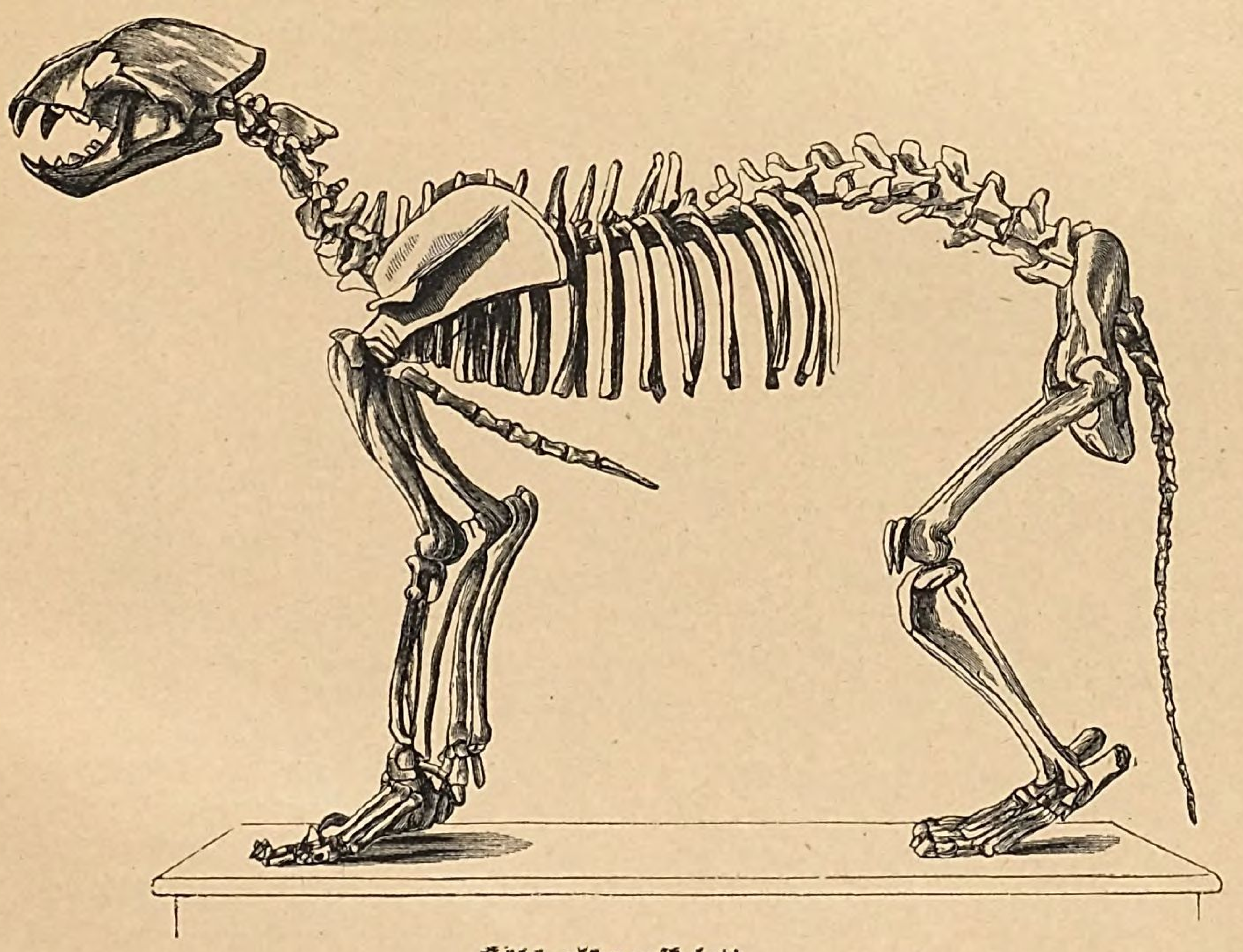
Feuers zersprengt und ihre Trümmer mittels Seilen an die Oberfläche geschafft worden sind, wovon an den Kanten der Bruchflächen ebenfalls noch Spuren erkannt worden sein sollen. Der Feuerstein wurde häufig gleich an der Bruchstelle selbst weiter verarbeitet; so hat man in Spiennes in Belgien an der Seite eines Silexbrunnens eine ausgedehnte Werkstätte vorgefunden, in welcher die Flintensteingeräte angefertigt wurden.

Tausende von Splittern, die dort zerstreut lagen, rührten offenbar von jenem Betriebe her. Ja, es scheint sogar, daß zu jener Zeit ein bedeutender Silexhandel betrieben wurde, und daß einzelne Orte, wie beispielsweise Grand-Pressigny im Departement Indre-et-Loire beinahe ganz Frankreich mit ihren Produkten dieser Art versehen haben.

Die dürftigen Merkmale des Vorhandenseins eines in seiner ersten Kulturentwickelung begriffenen Menschen, die wir hier im Bilde veranschaulicht haben, gehören einer Periode an, die Jahrtausende vor dem Beginn der geschichtlichen Entwickelung der Menschheit auf europäischem Boden liegt. Sie sind aber keineswegs die einzigen Beweisstücke für diese Thatsache. Alle Museen besitzen Sammlungen von Geräten, Waffen und anderen Gegenständen, die mitunter die vielfachste Deutung erfahren haben, deren Herkunft aus jener frühesten Periode der Kulturmenschheit jedoch zweifellos sichergestellt ist. Man hat diese

*) Silex lat. s. v. w. Flinten- oder Feuerstein.

Fundstücke nach den Zeitperioden, denen sie angehören, systematisch geordnet und in drei Hauptgruppen eingeteilt, deren Benennung von dem Material hergeleitet ist, aus welchem in der betreffenden Zeit diese Produkte menschlicher Kunstfertigkeit hergestellt wurden. Das älteste dieser drei Zeitalter, die sogenannte Steinzeit, gehört, soweit Europa in Betracht kommt, durchaus der vorgeschichtlichen Zeit an, wogegen das folgende Zeitalter, die Bronzezeit, und noch weit mehr das jüngste derselben, die Eisenzeit, bereits in die geschichtliche Zeit hereinragen und deshalb hier nicht näher besprochen werden sollen. Die Steinzeit wird in eine ältere und jüngere eingeteilt, und die erstere zerfällt wieder in ein Zeitalter des Mammut und in eine Rentierzeit, die sich dadurch unterscheiden, daß in jenem noch das Mammut neben dem Menschen lebte, während die Fundschichten der Rentierzeit durch das zahlreiche Vorkommen von Geweihen, Schädeln, Zähnen und Knochen des Rentieres ausgezeichnet sind. In der älteren Steinzeit, in der der Mensch



Höhlenlöwenskelett.

noch mit dem Höhlenbären und Höhlenlöwen um sein Dasein ringen mußte, beschränkte sich die Bewaffnung des Menschen auf Keule, Schleuder und Lanze, die Spitze dieser letzteren wurde in rohester Weise mit Steinmessern oder -Hämmern aus Knochen- oder Feuersteinstücken hergestellt. Der Gebrauch des Feuers war den Menschen jener Periode noch unbekannt oder kann doch erst in der jüngeren Eiszeit sicher nachgewiesen werden; es fehlte daher auch an Töpfergeschirr und Metallgeräten jeglicher Art. Auch Haustiere scheint es in jener Zeit noch nicht gegeben zu haben; die Nahrung des Menschen bestand aus Waldfrüchten und dem Fleische von Fischen und Jagdtieren, und als Wohnung dienten ihm Höhlen, vorzugsweise solche, die an schwer zugänglichen Felswänden gelegen waren. Unsere Titelvignette zu diesem Kapitel stellt ein Menschenpaar aus jener Zeit dar, wie es unter Zugrundelegung von Höhlenfunden aus dem Thale der Vezère im südfranzösischen Departement Dordogne für die Pariser Weltausstellung im Jahre 1889 rekonstruiert worden ist. Der unter dem Namen Cro-Magnon bekannte Fundort ist 1858 von Lartet und Christy

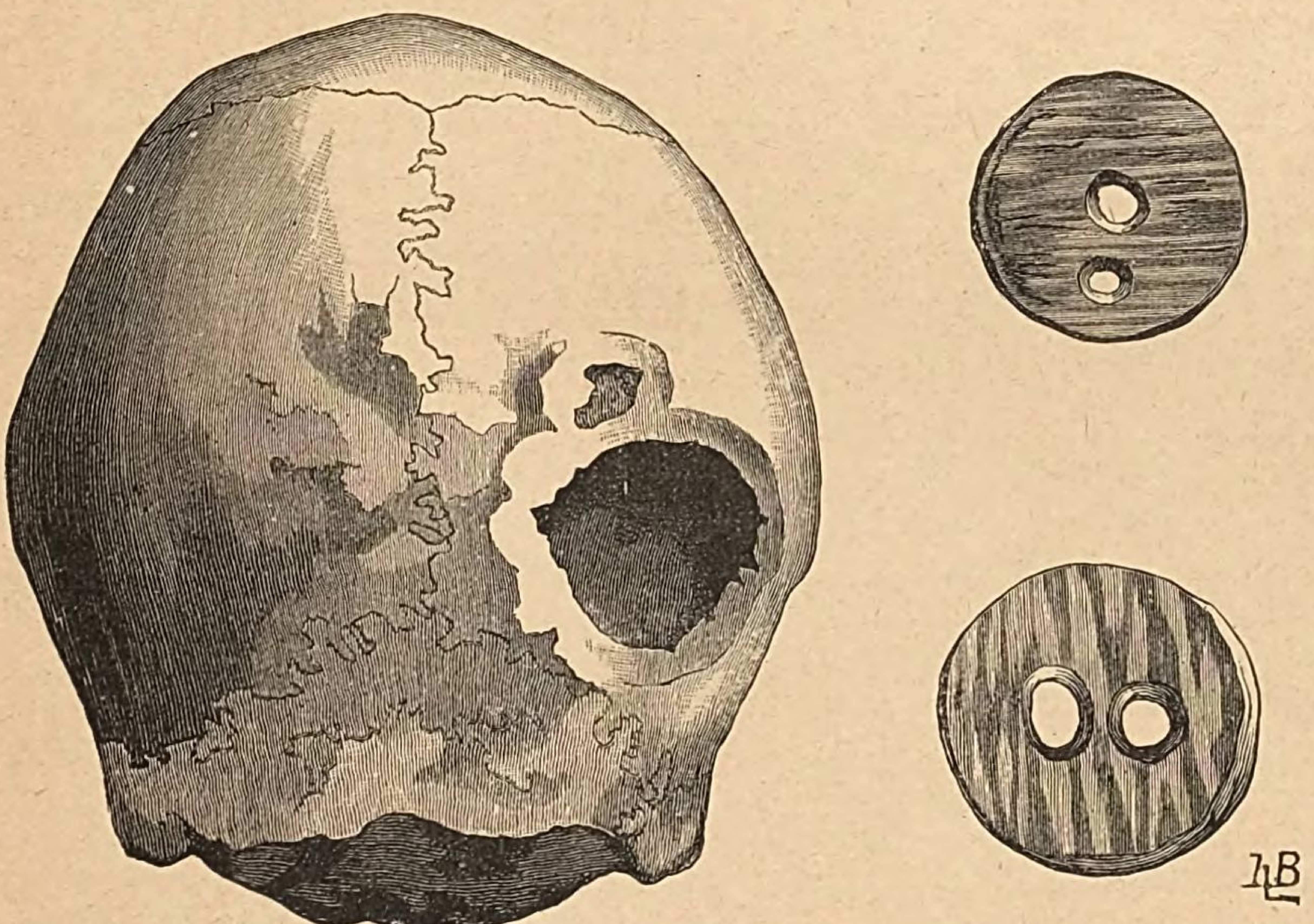
entdeckt und untersucht worden, und die dort gefundenen menschlichen Ueberreste waren die ersten, von denen die Wissenschaft Kenntnis erhielt. Die Menschen, von denen diese Knochen herrührten, waren von ansehnlicher Körperlänge — 1,78 m und darüber, für das dort gefundene weibliche Skelett 1,66 m —, von sehr kräftiger Bauart und eigentümlicher Schädelform. Die Leute von Cro-Magnon waren in hohem Grade langschädelig und hatten sehr stark hervorragende Augenbrauenwülste und ebenso stark entwickelte, eckig ausgeladene untere Kinnbacken. Der berühmte französische Naturforscher Quatrefages stellt diese diluvialen Menschen als hochgewachsene Individuen von athletischem Körperbau und mächtigen Muskeln, mit offener Stirn, einer großen, schmalen und gekrümmten Nase, mit vermutlich kleinen Augen und sehr stark ausgebildeten Kauwerkzeugen dar; er glaubt, daß die Gesichtszüge dieser Menschen durchaus nichts Widerwärtiges gehabt haben, ja sogar von wirklicher Schönheit gewesen sein können.

Auch in der Renntierzeit waren Waffen und Geräte zum größten Teile noch aus roh geschlagenen Steinen verfertigt, und es läßt sich nur eine größere Sorgfalt und Geschicklichkeit in der Herstellung derselben erkennen. Auch aus Knochen, Hörnern und Geweihen wurden Werkzeuge aller Art gemacht, Zähne, bunte und glänzende Steine und Muscheln zu Schmuckgegenständen verarbeitet. Roter Thoneisenstein, der sich in besonders zugerichteten Stücken vielfach zwischen anderen Geräten gefunden, wurde wohl zum Bemalen des Körpers verwendet. Nadeln aus Horn und Knochen dienten zur Herstellung der Bekleidung aus Häuten und Pelzen, Glättsteine oder Hornstücke zum Glätten der Nähte. Die Scherben von gebranntem Thongeschirr beweisen, daß der Gebrauch des Feuers bereits bekannt war; auf Horn und Schiefer eingegrabene Zeichnungen haben sich aus diesem Zeitalter als die ältesten Kunstschöpfungen der Menschheit erhalten. Man begann die Toten zu begraben; aber als Gegenstück zu diesem auf Veredlung der Menschennatur hinweisenden Brauche finden sich auch in zerbrochenen Schädeln und gespaltenen Knochen von Menschen untrügliche Beweise des Kannibalismus.

Die jüngere Steinzeit, wegen der feineren Bearbeitung der aus diesem Zeitalter stammenden Waffen und Geräte auch das Zeitalter der polierten Steine genannt, fällt in eine Zeit, in der die Vergletscherung der nördlichen Erdhalbkugel bereits ihr Ende erreicht hatte. Die Diluvialzeit war zum Abschlusse gekommen, das jüngste geologische Zeitalter, das Alluvium, hatte begonnen. Wir finden jetzt Schleifsteine zur feineren Ausarbeitung der Steingeräte, Thongeschirre mit ornamentalen Verzierungen, Ueberreste von kunstgerecht zugerichteten Bauhölzern, Flechtwerk aus Ruten und anderem Material zur Bekleidung von Wänden und andere Anzeichen, die darauf hinweisen, daß der Mensch seine Höhlenwohnungen verlassen hat und in die Niederungen herabgezogen ist. Aus dem Fischer- und Jägervolk der älteren Steinzeit ist ein Hirtenvolk geworden, das sich in der Nähe der Weideplätze niederließ. Zum Schutz gegen Ueberfälle tierischer oder menschlicher Räuber wurden die Wohnungen in Seen, Flüssen oder Sümpfen auf Pfähle gestellt, förmliche Pfahldörfer errichtet, die mit dem Ufer durch Stege verbunden waren, und so die ersten Pflegestätten menschlicher Geselligkeit gegründet. Neben diesen Pfahlbauten haben aber auch feste Niederlassungen auf dem Lande bestanden, von denen Ueberreste in fast allen europäischen und vielen außereuropäischen Ländern gefunden worden sind. Bezeichnend für den Kulturfortschritt der Menschen dieses Zeitalters sind Fundstücke, die nur als Gegenstände des Kultus gedeutet werden können, sowie die Anzeichen einer weiteren Entwickelung des Leichenbestattungswesens. Man gab den Toten allerlei Gegenstände in das Grab mit, ein Zeichen, daß jene Menschen der jüngeren Steinzeit bereits an die Fortdauer des Lebens nach dem Tode geglaubt haben, und sehr viel Kraft- und Materialaufwand wurde an die Herstellung von Grabmälern verwendet.

Wenn wir in diesen Thatsachen einen Kulturfortschritt erblicken, so ist dies nur in beschränktem Sinne zu verstehen. Zweifellos ist es ein Zeichen fortgeschrittener Denkfähigkeit, wenn sich der Naturmensch dem Uebernatürlichen zuwendet, an höhere Wesen und eine Fortdauer des Lebens in der übernatürlichen Sphäre des Jenseits glaubt, Dinge, mit

denen der noch sprachlose Urmensch und wohl auch eine lange Reihe seiner Nachkommen sich ganz gewiß nicht befaßt hat. Da aber mit dem Götzendienst auch der Aberglaube seinen Einzug bei dieser ältesten Kulturmenschheit gehalten hat, und die prunkhaftere Ausgestaltung der Leichenbestattungsgebräuche, wie sie in den bezüglichen Funden aus der jüngeren Steinzeit deutlich ausgeprägt ist, sicherlich nur den Mächtigeren, den Stammeshäuptlingen und anderen besonders angesehenen Personen zu gute gekommen ist und zur Förderung ihres Hochmutes und ihrer Ueberhebung nicht wenig beigetragen haben mag, so haben diese Kulturerrungenschaften unstreitig auch ihre starken Schattenseiten. Wie weit der Aberglaube bei den Steinzeitmenschen bereits vorgerückt war, beweist u. a. der Umstand, daß man eine große Zahl trepanierter*) Menschenschädel aufgefunden hat. Die herausgeschnittenen Knochenstücke, welche oft mit einem oder zwei Löchern zum Anhängen versehen sind, lagen entweder in der Schädelhöhle oder neben derselben oder auch in einiger



Trepanierter Menschenschädel aus der jüngeren Steinzeit.

Entfernung von dem Skelette. Trepaniert wurden nach Broca teils lebende, teils tote Menschen. Mit einem Steinmesser wurde zuerst ein T=förmiger Einschnitt in die Kopfhaut gemacht, diese zurückgeschoben, dann der Schädel angebohrt und ein kreisförmiges Stück herausgesägt. Das geschah bei einem und demselben lebenden Menschen zuweilen an zwei bis drei Stellen. Und diese furchtbaren Verletzungen lebender und leidender Menschen heilten in der Regel ohne den Eintritt einer Knochenentzündung; sie wurden als chirurgische Operationen unverständigster Art an Lebenden, namentlich an Kindern und jungen Leuten, an Toten aber vor der Bestattung infolge eines dunklen Aberglaubens vorgenommen. Die Krankheiten, welche man so zu heilen glaubte, waren vermutlich Nervenleiden, Delirium, Epilepsie, Irrsinn. Gelang es, dem Leidenden auf diesem Wege vermeintliche Genesung zu verschaffen, so stand das herausgeschnittene Stück der Schädeldecke natürlich als Talisman in hohem Ansehen; es wurde durchbohrt und als Amulett getragen. Man hat beobachtet, daß mit Vorliebe jene Personen, welche bei ihren Lebzeiten einen solchen Eingriff glücklich überstanden hatten, nach ihrem Ableben der posthumen Trepanation unterworfen wurden.

*) Trepanation, s. v. w. Auslösung eines Stückes der Hirnschale behufs Eröffnung der Schädelhöhle, Entfernung von Fremdkörpern aus derselben oder sonstiger operativer Eingriffe

Dies geschah offenbar, um sich weitere kostbare Talismane zu verschaffen. Beim Absägen derselben legte man besonderen Wert darauf, daß jedes neue Knochenstück mit einem Teil des Randes der älteren verheilten Schädelöffnung versehen sei. Das war gleichsam die Bürgschaft der Echtheit, der Beweis, daß das neue Fragment wirklich von einem bei Lebzeiten trepanierten Schädel herstammte.

Ueber die Kulturentwickelung und die Menschen der Steinzeit schreibt Joh. Ranke in seinem Werke „Der Mensch“: „Namentlich im Norden des europäischen Kontinentes und auf den britischen Inseln sind gigantische Steindenkmäler aus vergessener Vorzeit häufig und in den nordischen Ebenen, wo Steine meist seltener sind, um so auffallender. Dort hat man auch zuerst begonnen, diese Denkmäler des Altertums mit wissenschaftlichem Auge zu untersuchen. Die gelehrte Altertumskunde, namentlich in England, glaubte in diesen alten Steindenkmälern die heidnischen Opfer und Gerichtsstätten ihrer von der lokalen Geschichtsschreibung verherrlichten Vorfahren erkennen zu müssen, welche einst gegen die Legionen des übermächtigen Rom gekämpft und in blutigem Ringen das Vaterland befreit hatten. Man belebte die verschiedenen Orte mit Druiden und heiligen Priesterinnen, die mit dem Mistelkranz in den Locken aus dem rauchenden Blute mit scharfem Steinmesser geopferter Kriegsgefangener das Schicksal des bevorstehenden Kampfes voraus enthüllten. Weiter als bis auf die Römerperiode blickte man zunächst bei ähnlichen Untersuchungen auch in anderen Gegenden Europas kaum zurück, und so bildeten sich vielfach gelehrte künstliche Sagen, welche nun namentlich jene Hügelgräber, die in ihrem Schoße Waffen und Schmuck aus Bronze oder Gold bargen, auch im Munde des Volkes, das sie einst z. B. „Hünengräber“ genannt hatte, als Römerhügel oder Römergräber bezeichneten. Die Teufelsmauer wurde als römischer Grenzwall erkannt.

Eine neue Periode dieser Forschungsrichtung ging namentlich von den norddeutschen und skandinavischen Ländern aus. Dort wußte die Geschichte nichts von Anwesenheit der Römer im Lande zu berichten, die tausendfältig sich darbietenden Reste des Altertums mußten also von den alten Vorfahren selbst herrühren. Es waren vor allem Gräber, welche hier die Reste der Vorzeit in staunenswerter Fülle zurückgaben. Bald lernte man gewisse Unterschiede erkennen, welche auf sehr verschiedene Lebensgewohnheiten zur Zeit der Bestattung hindeuten. Schon die Grabbauten der großen Grabhügel, an denen hier zum Teil noch uralte Namen von Helden und Göttern hafteten, waren sehr verschieden. Auch die den Bestatteten nach altheidnischer Sitte in das Grab mitgegebenen Beigaben zeigten höchst auffallende Verschiedenheiten. Während eine Reihe von Gräbern nur höchst primitive Waffen und Geräte aus Stein, namentlich Feuerstein bargen, lagen in anderen prächtige Schwerter, Dolche, Beile, sogenannte Celte*) aus Bronze neben anderen Geräten und Schmuck aus demselben kostbaren Metall.

Eine dritte Gräbergruppe lieferte neben allerlei Schmuck aus Bronze und anderem Metalle, Silber und namentlich Gold, zum Teil prächtige Schwerter und Waffen aus Eisen.

So gelangte man zunächst zur Aufstellung von drei Kulturgruppen, von denen man annahm, daß sie im norddeutschen und skandinavischen Norden zeitlich aufeinander gefolgt seien, und von denen man die eine, die man als älteste ansprach, als Steinzeit, die folgende als Bronzezeit, die dritte als Eisenzeit bezeichnete. Unter den von den heutigen so abweichenden klimatischen Verhältnissen der Eiszeit, unter einer Mitteleuropa jetzt fremdartigen Tiergesellschaft treffen wir auf die ersten sicheren Spuren des europäischen Menschen. Wir finden in Europa einen Stamm von Jägern und Fischern eingehaust, welcher, wenigstens in der eigentlichen Glacialepoche, die der Jetztzeit zunächst vorausging, in seinen Lebensverhältnissen und dem primitiven Kulturbesitz die nächsten Parallelen zu jenen arktischen

*) Celt nennt man meißel- oder axtartige Bronze-Geräte, die entweder in gerader Richtung („Paalstäbe“) oder im Winkel (mittels angeschmiedeter Lappen oder Aushöhlung des Schaftendes des Celtes) am Schafte befestigt wurden.

Völkerstämmen erkennen läßt, die heute wie die Eskimos oder Feuerländer, an dem Rande ewiger Gletscher hausen. Doch den Hund, das einzige Haustier*) der heutigen äußersten Arktiker, hatte der diluviale Europäer noch nicht zu zähmen verstanden.

Wohin ist der Diluvialmensch gekommen, was ist aus ihm geworden? Hat er sich, dem Moschusochsen und Rentier folgend, an dem Rande des abschmelzenden, nördlichen Inlandeises hin über die polnischen und sibirischen Steppen nach den arktischen Gegenden der Nordhalbkugel zurückgezogen? Sind etwa die heutigen Bewohner jener unwirtlichen Eiswüste die direkten Nachkommen unseres Diluvialmenschen? Ein so ausgezeichneter Forscher wie Boyd Dawkins hat kaum Anstand genommen, diese Frage direkt zu bejahen. Und gewiß zeigt nicht nur die Lebensführung, sondern auch die körperliche Erscheinung heutiger arktischer Völker eine auffallende Verwandtschaft mit jener des Diluvialmenschen. Wie die Leute von Cro-Magnon, welche die Mehrzahl der französischen Autoren dem Diluvium zurechneten, sind auch manche Stämme der Eskimos sehr groß und stark, langköpfig, breitgesichtig und von hervorragender Gehirnentwickelung. Auf der anderen Seite scheint das Studium der Schädelbildungen zu ergeben, daß Nachkommen der diluvialen Rasse noch heute unter uns leben. Die französischen Anthropologen sind vielfach der Ansicht, daß wenigstens in Frankreich, wo ja wahrscheinlich während aller Epochen der Diluvialzeit die Lebensbedingungen für den Menschen besonders günstige waren, der Diluvialmensch den Wechsel der geologischen Epoche überdauert habe, und daß ohne eine scharfe Scheidelinie der Kulturepoche der diluvialen, älteren oder paläolithischen Steinzeit in die relativ hoch entwickelte Kulturepoche der alluvialen jüngeren oder neolithischen Steinzeit übergegangen sei, deren Reste aus dem germanischen Norden wir oben schon teilweise geschildert haben. Die ganze Kulturentwickelung, welche die jüngere Steinzeit in so hohem Maße von der diluvialen unterscheidet und in der Zähmung der Haustiere, der Erfindung des Ackerbaues gipfelt, habe der diluviale Franzose auf alteingesessenem Boden selbständig in kontinuierlicher Folge aus sich hervorgebracht. Wir dürfen aber hierbei nicht vergessen, daß in Frankreich, wo die Vergletscherung des Landes während der Eiszeit eine weit geringere war, als z. B. in Deutschland, fast überall jüngere und ältere Schichten, namentlich in den auch noch während der jüngeren Steinzeit als Wohnungen und Gräbern vielfach benutzten Höhlen und Felsgrotten, über- und zum Teil durcheinander liegen, wodurch dort die Unterscheidung auf das wesentlichste erschwert wird. Sehr vieles von dem, was in Frankreich und Belgien von den Entdeckern unbedenklich in seiner Gesamtheit dem Diluvialmenschen zugeschrieben wurde und wird, ist wahrscheinlich zum Teil weit jüngeren und zwar meist neolithischen Alters. Der Schein eines höheren Alters wird dabei z. B. dadurch erweckt, daß bei späteren Begräbnissen in Höhlen, wie sie in den älteren vorgeschichtlichen Epochen gebräuchlich waren, der Boden der Höhle aufgewühlt werden mußte. Waren nun die Höhlen schon im Diluvium von Menschen oder Tieren bewohnt, so mußten die aufgewühlten diluvialen Reste direkt neben jene viel jüngeren zu liegen kommen, so daß eine wissenschaftlich exakte Trennung des nicht Zusammengehörigen oft dadurch schon geradezu unausführbar wurde.

Dieses Bedenken gilt auch für viele der angeblich diluvialen Skelettreste des Menschen, was bei der Beurteilung der gegenwärtig verbreiteten Lehren über dessen Körperbildung schwer ins Gewicht fällt.

In den mitteldeutschen Höhlen, welche zum Teil ebenfalls in der Diluvialepoche, aber auch noch weit später von Menschen bewohnt waren, bestimmte Ranke selbst manchmal diluviales, jüngeres und jüngstes in buntem Neben- und Durcheinander aus der gleichen Schicht.

Ganz anders ist das aber in den während der letzten Glacialepoche vergletschert gewesenen Teilen Europas; dort hat der Diluvialmensch damals nicht gelebt, die betreffenden

*) Das Rentier eignet sich seines störrischen und unsteten Wesens halber nicht zum Haustier und wird daher von den nordischen Völkern in sehr beschränktem Maße als solches gehalten.

Landstriche wurden erst in der Alluvialepoche für den Menschen bewohnbar. Dort finden wir als ersten bis jetzt bekannten Besiedler den Menschen der jüngeren Steinzeit, der neolithischen Periode. Das Bild, welches die Aufdeckung der Kulturreste auf den ältesten Pfahlbauten der Alpenländer, die Entdeckung der Muschelhaufen und der Steinzeitgräber an den Küsten der Nordmeere und anderer von dem Europäer der jüngeren Steinzeit vor unseren Blicken entrollt, ist in keiner Weise von Beimischung älterer, diluvialer Reste getüncht, es sind in dieser Beziehung reine Funde.

Ein Idealbild aus dieser Zeit bringen wir auf S. 561; ein mehr der Wirklichkeit entsprechendes lassen wir hier folgen. Es ist in doppelter Beziehung hoch interessant; einerseits wegen des dargestellten Gegenstandes, andererseits als Beleg für den Scharfsinn und die Gründlichkeit, womit der Forscherdrang das Material für seine Beobachtungen und Untersuchungen aufzufinden und auszunützen beflissen ist. Unsere Abbildung stellt ein Pfahlbauweib aus der schweizerischen Steinzeit dar und zwar nach einer auf Grund genauer Schädelmessungen von Prof. Kollmann rekonstruierten und in der „Naturwissenschaftlichen Rundschau" reproduzierten Gipsbüste.

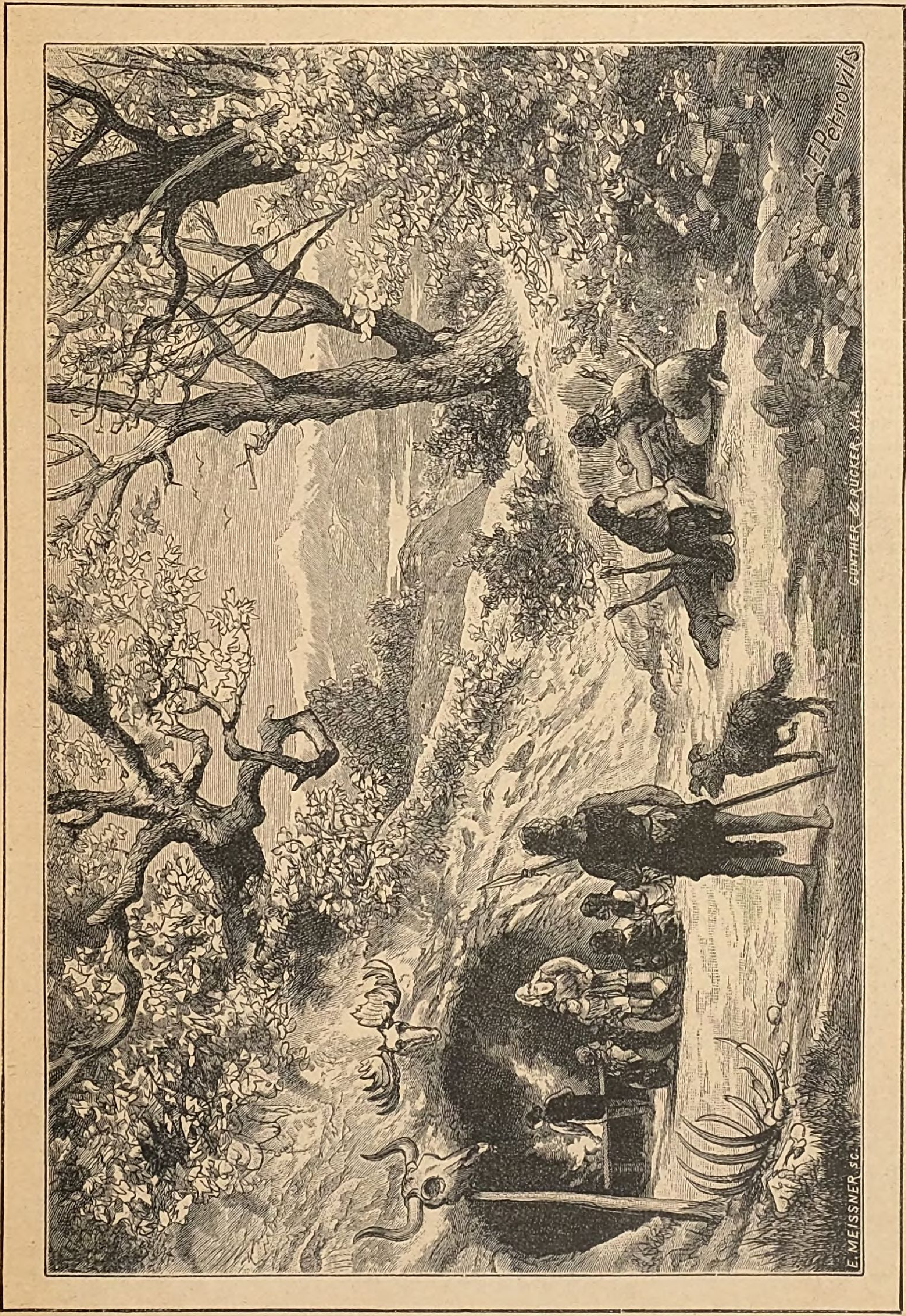


Die „Frau von Auvernier".

Das Urbild dieser Büste hat vor mehreren Jahrtausenden in einem Pfahldorfe am Neuenburger See in der Schweiz gelebt; der Schädel, der als Grundlage für die Rekonstruktion diente, wurde in Auvernier am Neuenberger See, von Schlamm bedeckt, aufgefunden, nachdem er dort jahrtausendelang gelegen hatte.

Es ist bekannt, daß die Paläontologen aus den Knochen vorweltlicher Tiere nach den Lehren der vergleichenden Anatomie deren Skelett aufzubauen wissen und, indem sie es nach denselben Lehren mit Weichteilen bekleiden, uns das vorweltliche Tier nach seinem wirklichen Aussehen vorführen. In derselben Weise läßt sich auch die Büste eines Menschen, der vor längerer Zeit gelebt hat und von dem nur der Schädel vorhanden ist, herstellen. Der erste Versuch dieser Art wurde, wie die „Gartenlaube" mitteilt, vor einigen Jahren in Leipzig ausgeführt.

Der berühmte Komponist Johann Sebastian Bach wurde am 31. Juli 1750 auf dem Johannisfriedhofe zu Leipzig in der Nähe der gleichnamigen Kirche begraben. Im Laufe der Zeit ist aber die Stelle, an der sich die Gruft befand, in Vergessenheit geraten. Als man nun im Jahre 1894 zum Neubau der Kirche schritt, stellte man Nachgrabungen an, um die Gebeine Bachs zu finden. Am 22. Oktober 1894 hob man in der That die Gebeine eines Mannes aus, die allem Anschein nach die sterblichen Ueberreste des großen Komponisten bildeten. Mit der Untersuchung derselben wurde u. a. der Professor der Anatomie an der Leipziger Universität Dr. Wilhelm His beauftragt. Um die Streitfrage zu entscheiden, wählte er folgenden Weg. In Leipzig waren gute Porträts von Bach erhalten. His meinte nun, wenn der fragliche Schädel wirklich der von Bach war, so müßte ein Bildhauer um denselben eine Büste modellieren können, die in ihren charakteristischen Zügen den Bildnissen Bachs ähnlich wäre. Mit der Lösung dieser Aufgabe wurde der Bildhauer Karl Seffner beauftragt. In der That gelang es ihm leicht, eine Büste zu schaffen. Es wurde aber der Einwand erhoben, daß ein Künstler wohl im stande sei, über jeden Schädel einen beliebigen Kopf zu modellieren. Seffner modellierte nun über

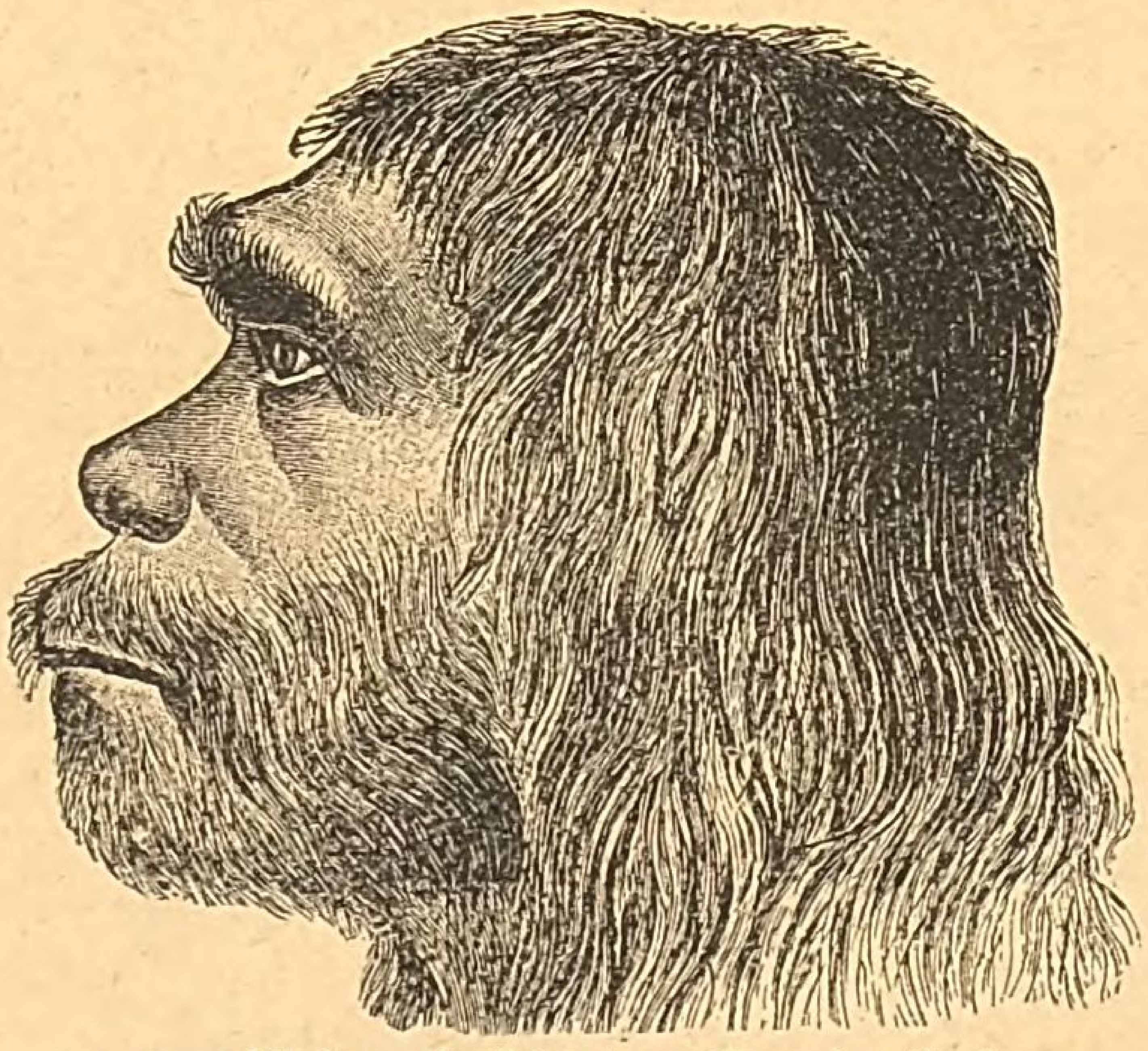


Idealbild aus der jüngeren Steinzeit.

den Schädel von Bach den Kopf Händels; die Büste schien gelungen; aber das war nur bei oberflächlicher Betrachtung. Die nähere Untersuchung lehrte vielmehr, daß sie ein anatomisches Unding war. Stellen, die im Leben nur wenig Weichteile über den Knochen aufweisen, erschienen auf dieser Büste stark gepolstert, und umgekehrt.

Um nun alle Einwände zu beseitigen, stellte Professor His Untersuchungen an, in welcher Weise beim Menschen die Knochen des Schädels mit Weichteilen bedeckt sind. Es ergab sich dabei, daß die Verhältnisse immer die gleichen seien, wenn es sich um Menschen gleichen Alters, gleichen Geschlechts und gleicher Ernährung handelt. Für die Rekonstruktion der Bachschen Büste wurden darum nur Maße von Personen, die im Alter von 50 bis 70 Jahren standen, verwertet. Die Ergebnisse seiner genauen Messungen übergab der Anatom dem Bildhauer Seffner, und dieser arbeitete nun ganz genau nach den gegebenen Zahlen, indem er stets die vorgeschriebene Dicke der Weichteile im Modellierthon auf einen Gipsabguß des Schädels auflegte. So fertigte er eine neue Büste, deren Züge eine geradezu überraschende Uebereinstimmung mit den vorhandenen Bildnissen Bachs aufwiesen.

Gegen die Berechtigung dieser Rekonstruktion läßt sich nichts einwenden. Bach lebte vor 150 Jahren, und seit jener Zeit hat sich der Bau des menschlichen Körpers gewiß nicht verändert. Die Messungen, die der Anatom an jetzt lebenden Menschen angestellt hatte, ergaben Resultate, die ohne Zweifel auch für die Menschen des 17. und 18. Jahrhunderts maßgebend waren. Ist es aber erlaubt, in derselben Weise nach einem gefundenen Schädel Büsten von Menschen zu modellieren, die vor Jahrtausenden gelebt und einem anderen, heute völlig verschollenen Volke angehört haben? Man glaubt, diese Frage wohl bejahen zu dürfen. In den letzten Jahrzehnten hat die mächtig emporblühende Wissenschaft der Anthropologie festgestellt, daß die Menschenrassen sich in Bezug auf ihre charakteristischen Eigenschaften seit Jahrtausenden nicht verändert haben, sondern heute noch die gleichen Merkmale aufweisen wie in jener altersgrauen Vorzeit, als unsere Ahnen den Gebrauch der Metalle noch nicht kannten. Die direkten Beobachtungen und Erfahrungen der letzten Jahrhunderte zeigen, daß die äußere Umgebung zwar einen gewissen Einfluß auf manche individuellen Eigenschaften des Menschen ausübte, die Rasse dadurch aber nicht veränderte.

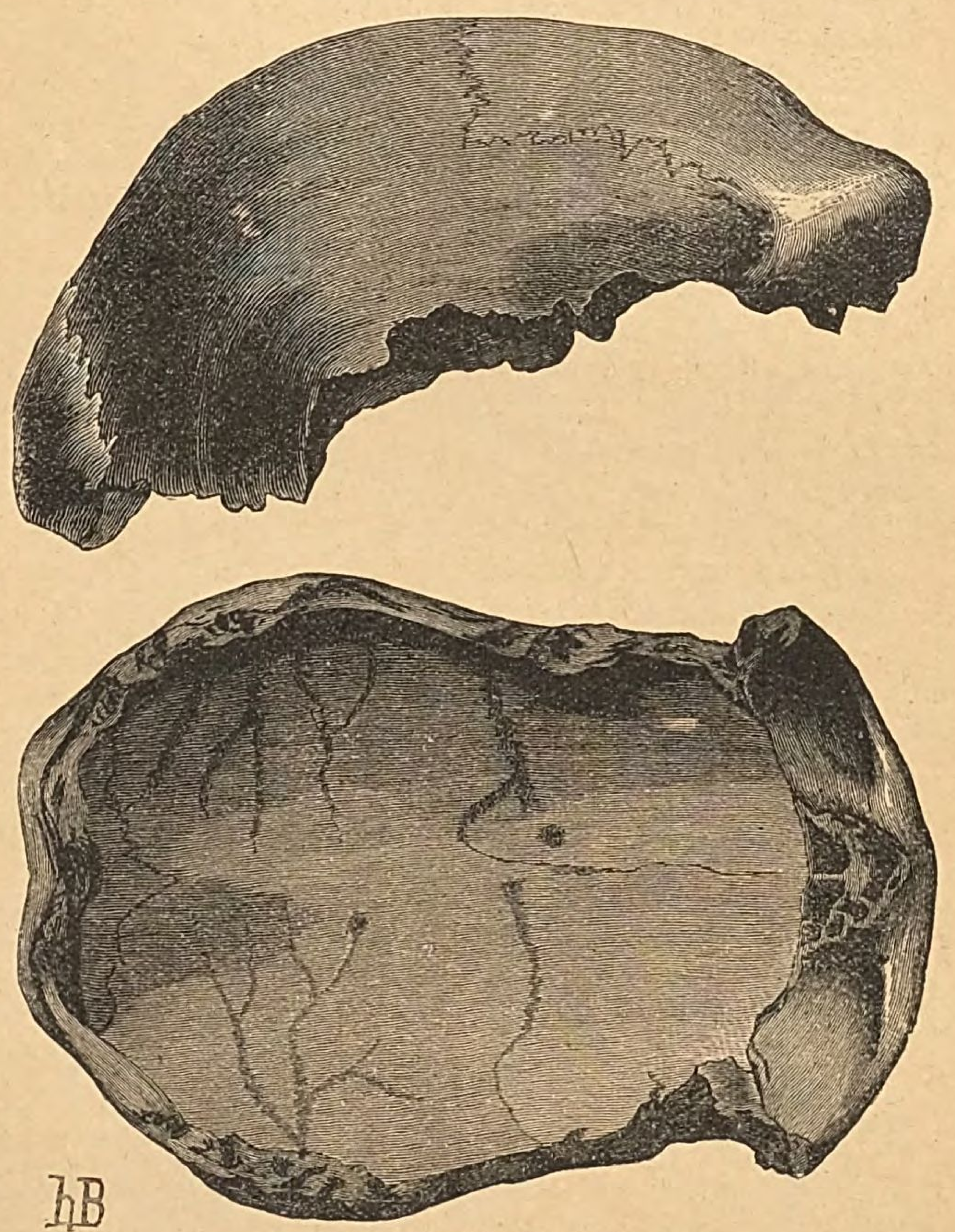


Mutmaßliches Gesicht des Neanderthalers.
Rekonstruktion aus H. Schaafhausens „Der Neanderthaler“.

Wenden wir uns nach Aegypten, so sehen wir auf den dortigen Denkmälern, die mehrere Jahrtausende alt sind, Darstellungen von Menschen, die in ihrem ganzen Typus den heute dort lebenden Eingebornen völlig ähnlich sind. Weder die Neger noch die Semiten, noch die Indogermanen (Arier) haben ihren Typus seit Jahrtausenden verändert, und während die einzelnen Völker, wie die Griechen, Römer, Kelten, Helvetier u. s. w. im Laufe der Jahrhunderte emporkamen und wieder verschwanden, haben die Rassen alle Zeit überdauert. Um daher Rassenporträts vorhistorischer Menschen zu liefern, hat man lediglich die Dicke der Weichteile der jetzt lebenden Varietäten wissenschaftlich festzustellen und entsprechend auf einen der vorgeschichtlichen Schädel zu übertragen.

Dies ist von Professor Kollmann geschehen; auf Grund genauer Messungen an einer Gipskopie des obengenannten Schädels, der sich durch tadellose Erhaltung der Gesichtsknochen auszeichnet, hat er mit größter Genauigkeit die entsprechenden Dicken der Weichteile aufgetragen, und so ist die Büste entstanden. Sie hat von den obengenannten Forschern den Namen der „Frau von Auvernier“ erhalten.

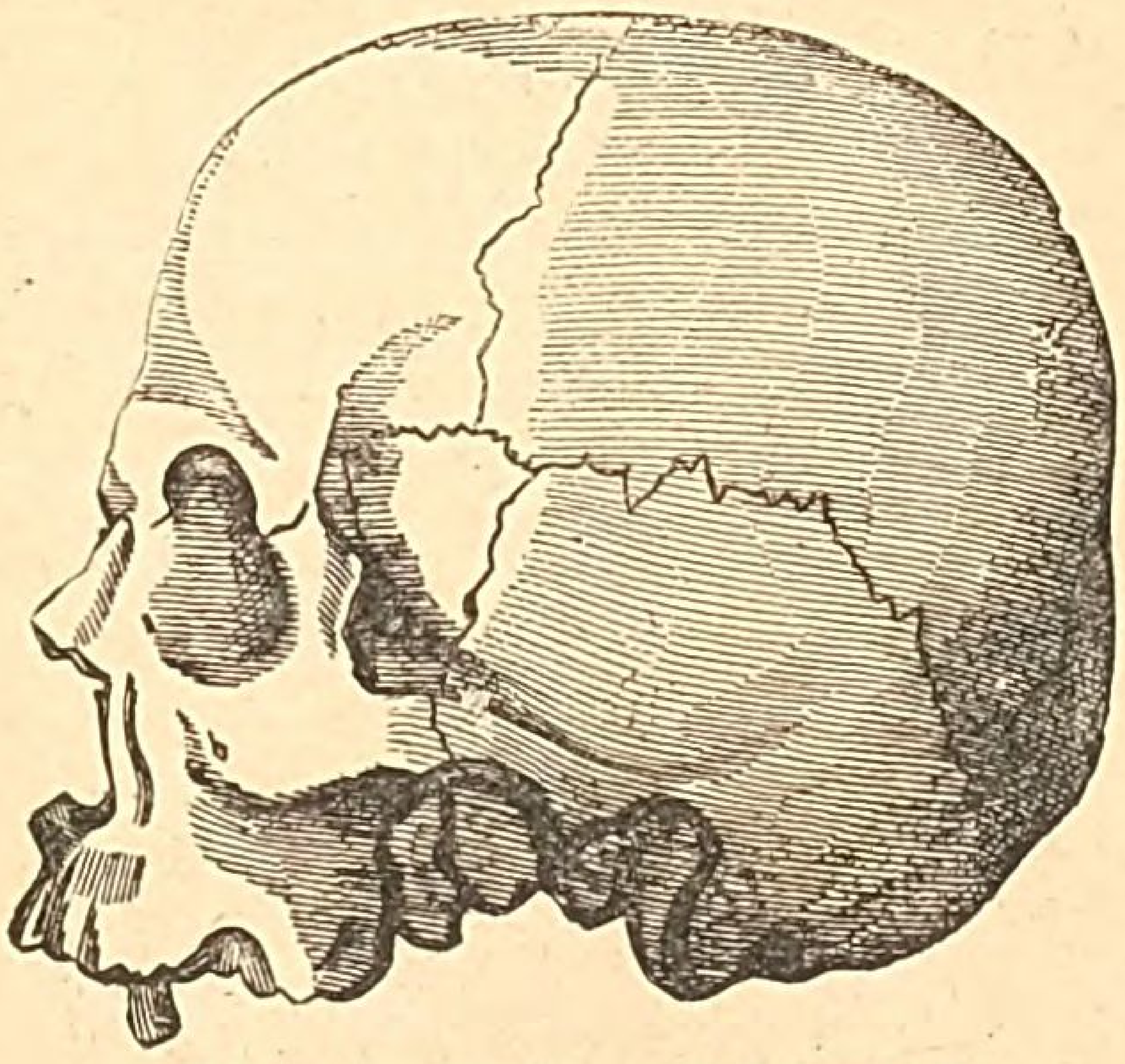
Der Anblick dieses Weibes hat durchaus nichts Ueberraschendes, es wäre denn, daß man dem früher stark verbreiteten Vorurteil nachhängen wollte, das den vorgeschichtlichen Menschen durchaus als ein vertiertes Ungeheuer hinstellen wollte. Dieses breite, flachstirnige Gesicht mit seinen vorspringenden Backenknochen, den stark markierten Kieferwinkeln, dem vollen Munde und der derben Nase können wir so oft wir wollen in unserer bäuerlichen Bevölkerung wiederfinden. Es ist eine Bestätigung der Ansicht Quatrefages von den diluvialen Menschen von Cro-Magnon und eine Entkräftung derjenigen Anschauungen, die man seiner Zeit an den berühmten Neanderthalschädel geknüpft hat. Unsere Abbildung zeigt die Schädeldecke dieser Kuriosität in ihrer seitlichen und unteren Ansicht auf annähernd die Hälfte ihrer natürlichen Größe reduziert. Das Fundstück rührt aus einer 2 m dicken Thonschicht am Eingange einer kleinen Höhle im Neanderthal zwischen Düsseldorf und Elberfeld her und wurde dort von Arbeitern nebst einigen Skelettresten desselben Individuums im Jahre 1856 gefunden. Daß diese Knochenteile wirklich aus der quaternären Zeit herrühren, wird nur deshalb angenommen, weil sich in derselben Schicht zwei Steinbeile aus der jüngeren Steinzeit vorgefunden haben sollen, was aber keineswegs sicher bewiesen ist. Nach Virchow handelt es sich um Teile des Skelettes eines sehr alten Mannes, dessen Knochen gichtisch entartet waren. Derselbe Gelehrte hat ähnliche Entartungen auch an Knochen des Höhlenbären gefunden und hält es für sehr wahrscheinlich, daß die Gicht ein unter den tierischen und menschlichen Bewohnern der feuchten und dunklen Höhlen jenes frostigen Zeitalters stark verbreitetes Uebel gewesen sei, so daß der Neanderthalschädel höchstens vom pathologischen*) Gesichtspunkte aus ein Interesse hätte. Andere Schädel, wie beispielsweise der S. 664 abgebildete aus dem Scioto-Thale im nordamerikanischen Staate Ohio, dessen kurzköpfiger Typus sich in nichts Wesentlichem von einem breitgesichtigen Kurzkopf der Gegenwart und selbst einem Germanenschädel (den wir ihm zur Seite gestellt haben) unterscheidet, oder der ebenda abgebildete schiefzähnige Langschädel aus einer Grabstelle (Dolmen) bei Mureaux, der Zeugnis giebt von einer auffallenden Rassenmischung, die nach der Meinung vieler Anthropologen im Anfange der jüngeren Steinzeit infolge massenhafter Wanderungen eingetreten ist, zeigen keinerlei Abnormitäten.



Neanderthalschädel.

*) Pathologie, s. v. w. Krankheitslehre; pathologisch s. v. w. krankhaft.

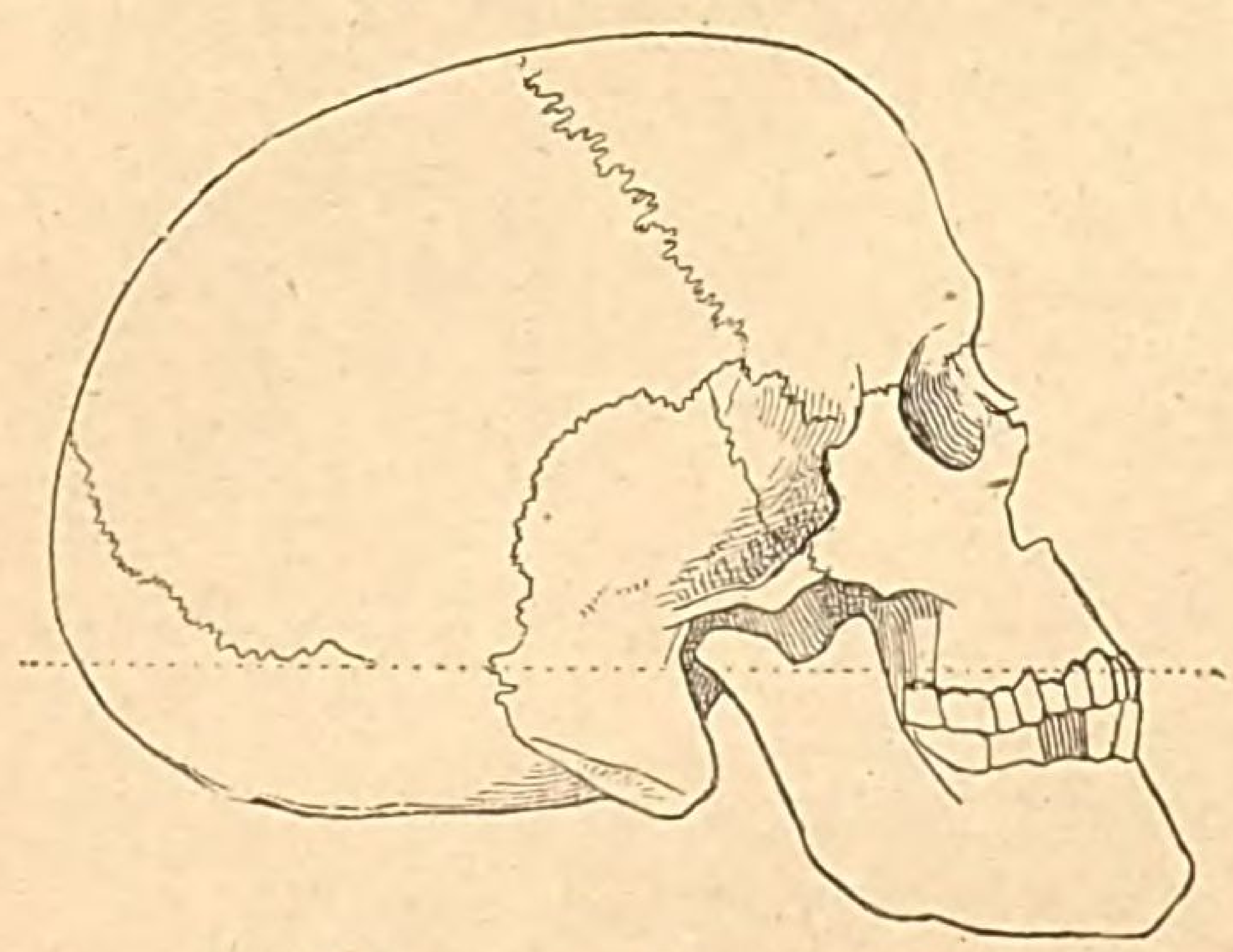
Nach allem Vorgesagten ist der Mensch in das quaternäre Zeitalter in einem körperlichen Entwickelungszustande eingetreten, der seinem gegenwärtigen in jeder Hinsicht gleichkommt. Unwesentliche Veränderungen mögen teils auf die Rassenbildung, teils auf die Rassenmischung zurückzuführen sein; sie berechtigen indes ebensowenig zu der Annahme einer im Verlauf der jüngsten geologischen Periode eingetretenen Artenbildung, wie die Rassenunterschiede unter den jetzt lebenden Menschen die Behauptung gerechtfertigt erscheinen lassen, daß es verschiedene Menschenarten gebe. Wie wir bereits im Eingangskapitel dieses Abschnittes gesehen haben, fallen diejenigen großen Umformungen, denen das Menschengeschlecht seine Entstehung verdankt, in die Tertiärzeit und in dem jüngsten Abschnitte dieser letzteren muß sich auch die Umbildung des sprachlosen Affenmenschen zum „homo sapiens" vollzogen haben. Wo die ältesten dieses Geschlechtes gelebt haben, ist eine Frage, die wir, wie Häckel bemerkt, bei dem gegenwärtigen unvollkommenen Zustande unserer anthropologischen Kenntnisse nur mit einer provisorischen Hypothese beantworten können; es verhält sich damit, wie er in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" ausführt, nicht anders, als mit jeder genealogischen Hypothese, die wir uns auf Grund des „natürlichen Systems" von dem Ursprung verwandter Tier- und Pflanzenarten machen können. Durch die notwendige Unsicherheit dieser speciellen Descendenz-Hypothesen wird aber die absolute Sicherheit der generellen Descendenz-Theorie in keinem Falle erschüttert. Der Mensch stammt jedenfalls von Catarhinen oder schmalnasigen Affen ab, mag man nun mit den Polyphyleten jede Menschenart in ihrer Urheimat aus einer besonderen Affenart entstanden sein lassen, oder mag man mit den Monophyleten annehmen, daß alle Menschenarten erst durch Differenzierung aus einer einzigen Species von Urmensch (Homo primigenius) entstanden sind, eine Auffassung, die, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, auch Häckel vorläufig teilt. Für diesen monophyletischen Urmenschen kann nach seiner Ansicht als Ursprungsstätte von den jetzt existierenden fünf Weltteilen weder Australien, noch Amerika, noch Europa in Betracht kommen. Vielmehr deuten die meisten Anzeichen auf das südliche Asien. Außer dem südlichen Asien könnte von den gegenwärtigen Festländern nur noch Afrika in Frage kommen. Bis vor kurzem schien mancherlei darauf hinzudeuten, daß die Urheimat des Menschen ein jetzt unter dem Spiegel des Indischen Oceans versunkener Kontinent sei, welcher sich im Süden des jetzigen Asiens (und wahrscheinlich mit ihm im direkten Zusammenhange) einerseits östlich bis nach Hinterindien und den Sunda-Inseln, andererseits



Schädel aus dem Sciotothal.



Germanenschädel.
(Aus Ranke „Der Mensch".)



Schädel aus neolithischer Zeit
aus dem Dolmen von Mureaux.

westlich bis nach Madagaskar und dem südöstlichen Afrika erstreckte. Wegen der für jenes Gebiet charakteristischen Halbaffen hat man es Lemurien genannt. Doch haben sich — namentlich von seiten der Geologen — erhebliche Bedenken gegen diese Hypothese erhoben, und Häckel, der seinerzeit für dieselbe eingetreten war, hat sie neuestens wieder fallen lassen. Er hält jetzt Vorderindien mit den angrenzenden Gebieten für denjenigen Teil der Erde, der den meisten Anspruch darauf haben dürfte, als „Wiege der Menschheit" zu gelten, und will namentlich auch den Südabhang des Himalaya in das betreffende Gebiet eingezogen wissen. Historische Ereignisse und prähistorische Funde, anthropologische Beziehungen und ethnographische Mischungen, paläontologische Entdeckungen und pithekologische Vergleichungen machen es, wie er schreibt, in hohem Grade wahrscheinlich, daß Vorder-Indien und die angrenzenden Gebiete (insbesondere auch der Südabhang der Himalaya-Kette) während der pliocänen oder jüngsten Tertiär-Periode der Schauplatz großartiger Umgestaltungen und Wanderungen in der organischen Welt waren. Ganz besonders scheint von diesen Umbildungsprozessen die Säugetierklasse, und in derselben die höchste Gruppe, die der Primaten, betroffen worden zu sein. Noch heute leben in den Gebirgen Vorderindiens verschiedene wilde Stämme, die unter den lebenden Menschen-Rassen eine der tiefsten Stufen einnehmen; so namentlich die Kanikaren und Kurumbas, welche den Weddas von Ceylon nächst verwandt sind, ferner die Todas und andere Dravida-Stämme, die Huxley mit Recht an die Australneger anschließt. Die Veddalen (Weddas und Kurumbas) sind wahrscheinlich dem längst ausgestorbenen „Urmenschen" näher verwandt, als alle übrigen Menschen.

Allerdings sind von dem hypothetischen „Urmenschen" bisher noch keine fossilen Reste gefunden worden. Aber bei der außerordentlichen Aehnlichkeit im Körperbau, welche sich zwischen den niedersten Menschenrassen und den höchsten Menschenaffen selbst jetzt noch erhalten hat, bedarf es, wie Häckel hervorhebt, nur geringer Einbildungskraft, um sich zwischen beiden eine vermittelnde Zwischenform und in dieser ein ungefähres Bild von dem mutmaßlichen Urmenschen oder Affenmenschen vorzustellen. Die Schädelform desselben wird wahrscheinlich sehr langköpfig und schiefzähnig gewesen sein, mit sehr niedriger Stirn, die Hautfarbe dunkel, bräunlich oder schwärzlich. Die Behaarung des ganzen Körpers wird dichter als bei allen jetzt lebenden Menschenarten gewesen sein, die Arme im Verhältnis länger und stärker, die Beine dagegen kürzer und dünner, mit ganz unentwickelten Waden; der Gang mit stark eingebogenen Knieen. Im Uebrigen wird man, einen monophyletischen Ursprung des Menschen annehmend, die Uebergangsbildung des Urmenschen im Ganzen als Zwischenform zwischen dem pliocänen Pithecanthropos von Java und dem heutigen Wedda von Ceylon sich vorstellen können. Unsere Abbildungen auf S. 627 und 628, denen nach Häckels Ausspruch das gesuchte Zwischenglied wohl sehr nahe kommen dürfte, mögen dieser Vorstellung zur Unterstützung dienen.

Eine andere Anschauungsweise verlegt den Ursprung des Menschengeschlechtes nach dem rauhen Norden. Zur Begründung derselben wird u. A. angeführt, daß die wichtigsten Entwickelungsfortschritte, die den Menschen von der in der lebenden Natur ihm am nächsten stehenden Species, dem Affen, unterscheiden, nämlich das höher entwickelte Gehirn und die kunstfertige Hand, keine Anpassungsprodukte eines üppigen Tropenlebens sein können. So lange die Vorfahren des Menschengeschlechtes solche reichlichen Lebensbedingungen vorfanden, wie sie ihnen von der tropischen Natur der Tertiärzeit geboten waren, bedurften sie weder jenes höher entwickelten Gehirnes, noch des feineren Baues der Hand, um den Kampf ums Dasein in völlig befriedigender Weise führen zu können; vielmehr waren ihnen die zum Klettern auf den Bäumen tauglichen langen Arme und die zu festem Zugreifen vortrefflich geeigneten Hände, wie sie die menschenähnlichen Affen der heißen Länder der alten Welt noch heute besitzen, zur Erfüllung der Lebenszwecke, die ihnen unter jenen Verhältnissen vorgezeichnet waren, weit dienlicher, als das vervollkommnete Gehirn, die kunstfertige Hand und der zu einem bloßen Gehwerkzeuge für den ebenen Boden umgebildete Fuß. Diese Umwandlungen mußten sich also nach der oben angedeuteten Auffassung unter zwingenden Verhältnissen vollzogen haben, die eine höhere Denkkraft und Kunstfertigkeit zur Beschaffung von Hilfsmitteln

als Vorbedingung für das Bestehen im Daseinskampfe forderten. Danach würden also jene affenähnlichen Tiere, deren Reste in den tertiären Schichten der gemäßigten Zone gefunden worden sind, eher Anspruch darauf haben, als die nächsten Vorfahren des Urmenschen angesehen zu werden, als die stammverwandten Tiere des südlichen Asiens, die nach Häckels Annahme die Vorfahren des Menschengeschlechtes gewesen sein sollen, und denen, wenn sie noch lebten, heute dieselben Lebensbedingungen geboten wären, wie in der Tertiärzeit, in der ihre Umwandlung zu Affenmenschen sich vollzogen haben soll, so daß zu dieser Umwandlung kein ersichtlicher Anlaß vorhanden gewesen wäre.

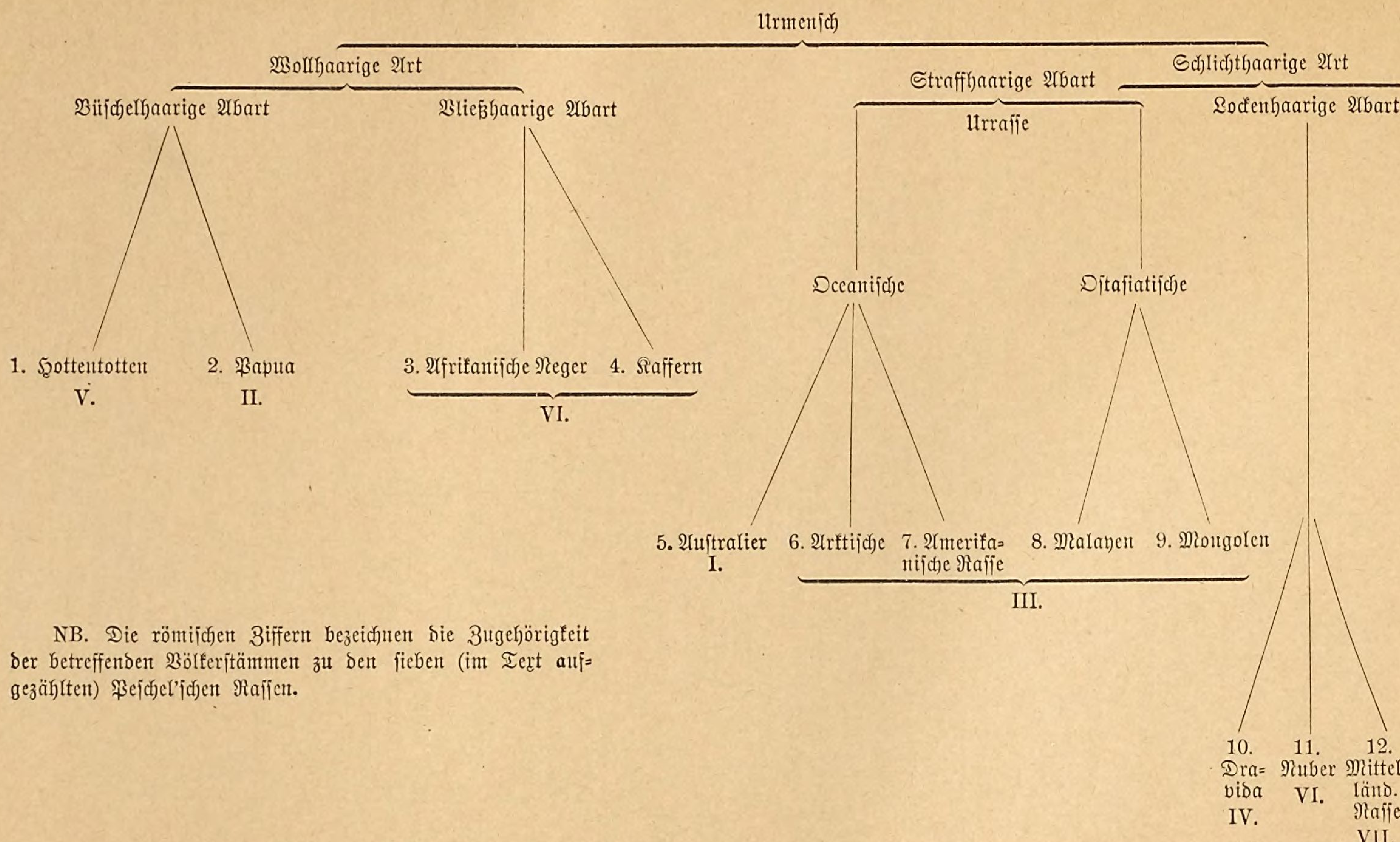
Wenn wir diese beiden einander zuwiderlaufenden Ansichten hier angeführt haben, so geschah es nur, um den Leser mit denselben bekannt zu machen; eine Entscheidung nach der einen oder andern Richtung wird wohl kaum jemals erfolgen können, es wäre denn, daß an dem einen oder anderen Orte Zwischenglieder oder Reste von solchen aufgefunden würden, die auf die richtige Spur führten.

Zur Unterscheidung der Menschenrassen bedient man sich hauptsächlich gewisser äußerer Merkmale, so der Farbe der Haut, der Bauart des Schädels und der Beschaffenheit des Haupthaares; früher wurde auch der Wohnort der Rasseneinteilung zu Grunde gelegt, und Linné unterschied einfach eine europäische, asiatische, afrikanische und amerikanische Rasse, denen er dann noch die ganz wilden Völkerschaften als fünfte Rasse beigesellte. Diese Einteilung mit Hinzuziehung des mittlerweile entdeckten fünften Weltteiles und unter Rücksichtnahme auf die Schädelform, verbesserte Johann Friedrich Blumenbach (1752—1840) und teilte die Menschheit in die fünf Rassen der Kaukasier, Mongolen, Aethiopier, Amerikaner und Malayen. Bis weit in das dritte Viertel unseres Jahrhunderts hinein blieb diese Einteilung und die mit ihr identische, die, vom Merkmal der Hautfarbe ausgehend, eine weiße, gelbe, schwarze, rote und braune Rasse unterschied, maßgebend; sie erfuhr eine weitere Vervollständigung durch genauere Feststellung der Maßverschiedenheiten der Schädelformen, nach denen man schmal- und langköpfige und breit- oder kurzköpfige Menschen unterschied, womit dann noch die weitere Unterscheidung nach der Stellung der Zähne in gerad- und schiefzähnige (Orthognathen und Prognathen) verbunden wurde. Häckel geht bei seiner Rasseneinteilung von den Unterschieden der Behaarung aus und stellt einerseits wollhaarige Rassen mit den Unterabteilungen der Büschelhaarigen und Vließhaarigen, andererseits schlichthaarige Rassen auf, die er in Straffhaarige und Lockenhaarige einteilt. Endlich hat man auch noch die Sprachverschiedenheiten zur Vervollkommnung der Rasseneinteilung benutzt, und der Sprachforscher Friedrich Müller (geb. 1834) hat in Anlehnung an Häckels Rasseneinteilung nach der Behaarung und den darauf begründeten Stammbaum der Menschenrassen eine Gliederung der Völkerfamilien nach Sprachstämmen durchgeführt, die wir auf S. 667 wiedergeben. „Der Mensch war“, wie Müller ausführt, „damals, als es nur Rassen und keine Völker gab, ein sprachloses, der heutigen, auf der Sprachthätigkeit beruhenden Entwickelung noch völlig ermangelndes Wesen. Zu dieser Annahme werden wir, abgesehen von den entwickelten naturhistorischen Voraussetzungen, durch die Betrachtung der Sprachen selbst gedrängt. Die verschiedenen Sprachstämme nämlich, auf welche die Wissenschaft die Sprachen zurückzuführen im stande ist, setzen nicht nur bei den verschiedenen Rassen vermöge ihrer totalen Verschiedenheit in Form und Stoff mehrere von einander unabhängige Ursprünge voraus, sondern sie weisen selbst innerhalb einer und derselben Rasse auf mehrere von einander unabhängige Ursprungspunkte hin.“

Häckel giebt zu dem von ihm in Gemeinschaft mit Friedrich Müller aufgestellten Stammbaume folgende Erläuterungen:

„Für die sehr verwickelte Frage von der Stammverwandtschaft der größeren und kleineren „Rassen“-Gruppen sind vor allem die neueren Ergebnisse der vergleichenden Sprachforschung maßgebend. Daher ist in der neuesten vortrefflichen Bearbeitung der Menschenrassen, welche der Wiener Sprachforscher Friedrich Müller in seiner ausgezeichneten Ethnographie gegeben hat, die Sprache mit Recht in den Vordergrund gestellt. Demnächst

Häckel-Müller's Stammbaum der Menschenrassen.



NB. Die römischen Ziffern bezeichnen die Zugehörigkeit der betreffenden Völkerstämmen zu den sieben (im Text aufgezählten) Peschel'schen Rassen.

ist aber auch die Beschaffenheit des Kopfhaares von großer Bedeutung. Obwohl an sich allerdings ein untergeordneter morphologischer Charakter, scheint sie sich dennoch im Ganzen streng innerhalb der Rasse zu vererben. Von den zwölf Menschen-Species, die wir unterscheiden, zeichnen sich die vier niederen Arten durch die wollige Beschaffenheit der Kopfhaare aus; jedes Haar ist bandartig abgeplattet und erscheint daher auf dem Querschnitt elliptisch oder länglich rund. Wir können diese vier Arten von Wollhaarigen (Ulotriches) in zwei Gruppen bringen, in Büschelhaarige und Vließhaarige. Bei den Büschelhaarigen (Lophocomi), den Papuas und Hottentotten, wachsen die Kopfhaare, ungleichmäßig verteilt, in kleinen Büscheln. Bei den Vließhaarigen (Eriocomi) dagegen, den Kaffern und Negern, sind die Wollhaare gleichmäßig über die ganze Kopfhaut verteilt. Alle Ulotrichen oder Wollhaarigen sind schiefzähnig und langköpfig. Die Farbe der Haut, des Haares und der Augen ist stets sehr dunkel. Alle sind Bewohner der südlichen Erdhälfte; nur in Afrika überschreiten sie den Aequator. Im Allgemeinen stehen sie auf einer viel tieferen Entwickelungsstufe und den Affen viel näher, als die meisten Lissotrichen oder Schlichthaarigen. Einer wahren inneren Kultur und einer höheren geistigen Durchbildung sind die meisten Ulotrichen unfähig, auch unter so günstigen Anpassungs-Bedingungen, wie sie ihnen jetzt in den Vereinigten Staaten Nord-Amerikas geboten werden. Kein wollhaariges Volk hat jemals eine bedeutende „Geschichte" gehabt.

Bei den acht höheren Menschenarten, die wir als Schlichthaarige (Lissotriches) zusammenfassen, ist das Kopfhaar niemals eigentlich wollig, auch wenn es bei einzelnen Individuen sich stark kräuselt. Jedes einzelne Haar ist nämlich cylindrisch (nicht bandförmig) und daher auf dem Querschnitt kreisrund (nicht länglich rund). Auch die acht lissotrischen Species können wir auf zwei Gruppen verteilen: Straffhaarige und Lockenhaarige. Zu den Straffhaarigen (Euthycomi), bei denen das Kopfhaar ganz glatt und straff, nicht gekräuselt ist, gehören die Malayen, Mongolen, Arktiker und Amerikaner. Zu den Lockenhaarigen (Euplocami) dagegen, bei denen das Kopfhaar mehr oder weniger lockig und auch der Bart mehr als bei allen anderen Arten entwickelt ist, gehören die Australier, Dravidas, Nubier und Mittelländer.

Außer den angeführten zwölf größeren Menschengruppen, die man als Rassen oder Arten unterscheidet, existieren heute noch einige kleinere Völkerstämme, die vielleicht uralte Ueberreste von ausgestorbenen ältesten Rassen darstellen. Wohl die merkwürdigsten von diesen sind die Weddas, die Urbewohner der herrlichen Paradies-Insel Ceylon. In den abgelegenen Wildnissen an deren Ostküste leben noch 2000 Weddas, ausgezeichnet ebenso durch Affenähnlichkeit in ihrem Körperbau, wie durch primitive Lebensweise und geringe geistige Entwickelung. Genauere Nachrichten darüber haben wir erst 1893 durch ein ausgezeichnetes Werk der beiden Schweizer Naturforscher Paul und Fritz Sarasin (aus Basel) erhalten, welche drei Jahre in Ceylon verweilten. Sie sind zu der Ueberzeugung gelangt, daß die schwarzbraunen kleinen Weddas als die besterhaltenen Ueberreste einer uralten Primär-Varietät der lockenhaarigen Menschenart zu betrachten sind; diese lebte in Vorder-Indien in einer „prädravidischen oder weddaischen Periode", viele Jahrtausende vor Buddha und Christus. Schon Ktesias, der Leibarzt des Artaxerxes, beschreibt diese schwarzen, affenähnlichen „Pygmäen" (400 Jahre v. Chr.). Einen ähnlichen Ueberrest einer wollhaarigen uralten Rasse bilden vielleicht die Akka-Pygmäen von Central-Afrika, welche Schweinfurth nach Europa brachte.

Zu den einzelnen Hauptstämmen übergehend, giebt Häckel nachstehende Charakteristik derselben:

I. Der Papua behauptet eine ziemlich isolierte Stellung unter den heute noch lebenden Formen des Menschengeschlechts. Diese Species bewohnt gegenwärtig nur noch die große Insel Neu-Guinea und den östlich davon gelegenen Archipel von Melanesien (die Salomons-Inseln, Neu-Kaledonien, die neuen Hebriden u. s. w.). Zerstreute Reste derselben finden sich aber auch noch im Innern der Halbinsel Malakka, sowie auf zahlreichen Inseln des großen pacifischen Archipels, meistens in den unzugänglichen gebirgigen Teilen

des Innern, so namentlich auf den Philippinen. Auch die kürzlich ausgestorbenen Tasmanier oder die Bevölkerung von Vandiemensland gehörte zu dieser Art. Aus diesen und anderen Umständen geht hervor, daß die Papuas früher einen viel weiteren Verbreitungsbezirk im Südosten Asiens besaßen. Sie wurden aus diesem durch die Malayen verdrängt und nach Osten fortgeschoben. Alle Papuas sind von schwarzer oder mehr schokoladenbrauner Hautfarbe. Bald spielt diese mehr in das Bräunliche, bald mehr in das Schiefergraue. Die krausen Haare wachsen in Büscheln, sind spiralig gewunden und oft einen Fuß lang, so daß sie eine mächtige, weit abstehende wollige Perrücke bilden. Das Gesicht zeigt unter einer schmalen, eingedrückten Stirn eine große, aufgestülpte Nase und dicke, aufgeworfene Lippen. Durch ihre eigentümliche Haarbildung und Sprache unterscheiden sich die Papuas auffallend von ihren schlichthaarigen Nachbarn, sowohl von den Malayen als von den Australiern.

II. Die Hottentotten bilden eine eigentümliche Rasse, welche den büscheligen Haarwuchs noch deutlicher als die Papuas zeigt; sie sind von diesen physiognomisch und räumlich weit geschieden. Sie bewohnen ausschließlich das südlichste Afrika, das Kapland und die nächstangrenzenden Teile, und sind hier von Nordosten her eingewandert. Gleich den Papuas nahmen auch die Hottentotten früher einen viel größeren Raum (wahrscheinlich das ganze östliche Afrika) ein und gehen jetzt ihrem Aussterben entgegen. Außer den eigentlichen Hottentotten, von denen jetzt nur noch die beiden Stämme der Koraka (im östlichen Kapland) und der Namaka (im westlichen Kapland) existieren, gehören hierher auch die Buschmänner (im gebirgigen Innern des Kaplandes). Bei allen diesen Hottentotten wächst das krause Haar deutlich in getrennten, spiralig gewundenen Büscheln, ähnlich einer Bürste. Mit den Papuas stimmen sie auch darin überein, daß sich im Gesäß des weiblichen Geschlechts eine besondere Neigung zur Anhäufung großer Fettmassen zeigt (Steatopygie). Die Hautfarbe der Hottentotten ist aber viel heller, gelblich braun oder selbst graugelb. Das sehr platte und breite Gesicht zeichnet sich durch kleine Stirn und Nase, aber große Nasenlöcher aus. Der Mund ist sehr breit, mit großen Lippen, das Kinn schmal und spitz. Die Sprache ist durch viele ganz eigentümliche Schnalzlaute ausgezeichnet.

III. Die Kaffern sind die nächsten Nachbarn der Hottentotten. Diese kraushaarige Menschenart unterscheidet sich jedoch von den Hottentotten und Papuas dadurch, daß das wollige Haar nicht büschelweise verteilt ist, sondern als dichtes Vließ den Kopf bedeckt (wie bei den Negern). Freilich ist dieser Unterschied nicht streng durchgreifend und oft verwischt. Die Farbe der Haut durchläuft alle Abstufungen von dem gelblichen Braun der Hottentotten bis zu dem Braunschwarz oder reinen Schwarz des echten Negers. Während man früher der Kaffernrasse einen sehr engen Verbreitungskreis anwies und sie meist nur als eine Varietät des echten Negers betrachtete, zählt man dagegen jetzt zu dieser Species fast die gesamte Bevölkerung des äquatorialen Afrika von 20 Grad südlicher bis 4 Grad nördlicher Breite, mithin alle Süd-Afrikaner mit Ausschluß der Hottentotten. Insbesondere gehören dahin an der Ostküste die Zulu-, Zambesi- und Mozambique-Völker, im Inneren die große Völkerfamilie der Beschuanen oder Setschuanen, und an der Westküste die Herrero und Congostämme. Auch sie sind, wie die Hottentotten, von Nordosten her eingewandert. Von den Sudan-Negern, mit denen man die Kaffern gewöhnlich vereinigte, unterscheiden sie sich sehr wesentlich durch die Schädelbildung und die Sprache. Das Gesicht ist lang und schmal, die Stirn hoch und gewölbt, die Nase vorspringend, oft gebogen, die Lippen nicht so hoch aufgeworfen und das Kinn spitz. Die mannigfaltigen Sprachen der verschiedenen Kaffernstämme lassen sich alle von einer ausgestorbenen Ursprache, der Bantusprache, ableiten.

IV. Die Gruppe der Sudanier oder der echten „Neger“ im engeren Sinne umfaßt nach Ausschluß der Kaffern, Hottentotten und Nubier nur noch die Tibus im östlichen Teile der Sahara, die Sudanvölker oder Sudaner, welche zunächst im Süden dieser großen Wüste wohnen, und die Bevölkerung der westafrikanischen Küstenländer, von der Mündung des Senegal im Norden, bis unterhalb der Nigermündung im Süden (Senegambier und Nigritier). Die echten Neger sind demnach zwischen den Aequator und den nördlichen

Wendekreis eingeschlossen und haben diesen letzteren nur mit einem kleinen Teile der Tiburasse im Osten überschritten. Innerhalb dieser Zone hat die Negerart sich von Osten her ausgebreitet. Die Hautfarbe der echten Neger ist stets ein mehr oder minder reines Schwarz. Die Haut ist sammetartig anzufühlen und durch eine eigentümliche übelriechende Ausdünstung ausgezeichnet. Während die Neger in der wolligen Behaarung des Kopfes mit den Kaffern übereinstimmen, unterscheiden sie sich von ihnen nicht unwesentlich durch die Gesichtsbildung. Die Stirn ist flacher und niedriger, die Nase breit und dick, nicht vorspringend, die Lippen stark wulstig aufgetrieben und das Kinn sehr kurz. Ausgezeichnet sind ferner die echten Neger durch sehr dünne Waden und sehr lange Arme. Schon sehr frühzeitig muß sich diese Menschen-Species in viele einzelne Stämme zersplittert haben, da ihre zahlreichen und sehr verschiedenen Sprachen sich kaum auf eine Ursprache zurückführen lassen.

Den vier eben betrachteten wollhaarigen Menschenarten stehen nun als anderer Hauptzweig der Gattung die schlichthaarigen gegenüber. Von den acht Arten dieser letzteren lassen sich vier Species als Straffhaarige (Euthycomi) und vier Species als Lockenhaarige (Euplocami) zusammenfassen. Wir betrachten zunächst die Straffhaarigen, zu denen die Urbevölkerung von dem größten Teile Asiens und von ganz Amerika gehört.

V. Die Malayen bilden eine genealogisch wichtige, obwohl nicht umfangreiche Menschen-Species, die „braune Menschenrasse" der früheren Ethnographie. Eine ausgestorbene, südasiatische Menschenart, welche den heutigen Malayen sehr nahe stand, ist wahrscheinlich als die gemeinsame Stammform dieser und der folgenden höheren Menschenarten anzusehen. Wir wollen diese hypothetische Stammart als Urmalayen oder Promalayen bezeichnen. Die heutigen Malayen zerfallen in zwei weit zerstreute Rassen, in die Sundanesier, welche Malakka und die Sunda-Inseln (Sumatra, Java, Borneo u. s. w.) sowie die Philippinen bevölkern, und die Polynesier, welche über den größten Teil des pacifischen Archipels ausgebreitet sind. Die nördliche Grenze ihres weiten Verbreitungsbezirks wird östlich von den Sandwich-Inseln (Hawai), westlich von den Marianen-Inseln (Ladronen) gebildet; die südliche Grenze dagegen östlich von dem Mangareva-Archipel, westlich von Neuseeland. Ein weit nach Westen verschlagener einzelner Zweig der Sundanesier sind die Bewohner von Madagaskar. Diese weite pelagische Verbreitung der Malayen erklärt sich aus ihrer besonderen Neigung für das Schifferleben. Als ihre Urheimat ist der südöstliche Teil des asiatischen Festlandes zu betrachten, von wo aus sie sich nach Osten und Süden verbreiteten und die Papuas vor sich her drängten. In der körperlichen Bildung stehen die Malayen unter den übrigen Arten den Mongolen am nächsten, ziemlich nahe aber auch den lockigen Mittelländern. Der Schädel ist meist kurzköpfig, seltener mittelköpfig, und sehr selten langköpfig. Das Haar ist schlicht und straff, oft jedoch etwas gelockt, besonders bei den Polynesiern. Die Hautfarbe ist braun, bald mehr gelblich oder zimmetbraun, bald mehr rötlich oder kupferbraun, seltener dunkelbraun. In der Gesichtsbildung stehen die Malayen zum großen Teil in der Mitte zwischen den Mongolen und Mittelländern. Oft sind sie von letzteren kaum zu unterscheiden. Das Gesicht ist meist breit, mit vorspringender Nase und dicken Lippen, die Augen nicht so enggeschlitzt und schief wie bei den Mongolen. Alle Malayen und Polynesier bezeugen ihre nahe Stammverwandtschaft durch ihre Sprache, welche sich zwar schon frühzeitig in viele kleine Zweige zersplitterte, aber doch immer von einer gemeinsamen, ganz eigentümlichen Ursprache ableitbar ist.

VI. Der mongolische Mensch bildet die individuenreichste von allen Menschenarten neben der mittelländischen. Dahin gehören die Bewohner des asiatischen Festlandes, mit Ausnahme der Hyperboräer im Norden, der wenigen Malayen im Südosten (Malacca), der Dravidas in Vorderindien und der Mittelländer im Südwesten. In Europa ist diese Menschenart durch die Finnen und Lappen im Norden, sowie durch einen Teil der Türken vertreten. Die Hautfarbe der Mongolen ist stets durch den gelben Grundton ausgezeichnet, bald heller erbsengelb oder selbst weißlich, bald dunkler braungelb. Das Haar ist immer straff und schwarz. Die Schädelform ist bei der großen Mehrzahl entschieden kurzköpfig (namentlich bei den Kalmücken, Baschkiren u. s. w.), häufig auch mittelköpfig (Tataren,

Chinesen u. s. w.). Dagegen kommen echte Langköpfe unter ihnen gar nicht vor. In der runden Gesichtsbildung sind die schmalgeschlitzten, oft schief geneigten Augen auffallend, die stark vorstehenden Backenknochen, breite Nase und dicke Lippen. Die Sprache aller Mongolen läßt sich wahrscheinlich auf eine gemeinsame Ursprache zurückführen. Doch stehen sich als zwei frühgetrennte Hauptzweige die einsilbigen Sprachen der indochinesischen Rasse und die mehrsilbigen Sprachen der übrigen mongolischen Rassen gegenüber. Zu dem einsilbigen oder monosyllaben Stamme der Indochinesen gehören die Tibetaner, Birmanen, Siamesen und Chinesen. Die übrigen, die vielsilbigen oder polysyllaben Mongolen zerfallen in drei Rassen, nämlich 1. die Koreo-Japaner (Koreaner und Japanesen); 2. die Altajer (Tataren, Türken, Kirgisen, Kalmücken, Burjäten, Tungusen) und 3. die Uralier (Samojeden, Finnen). Von den Finnen stammt ursprünglich auch die magyarische Bevölkerung Ungarns ab.

VII. Der Polarmensch kann als eine Abzweigung der mongolischen Menschenart betrachtet werden. Wir fassen unter dieser Bezeichnung die Bewohner der arktischen Polarländer in beiden Hemisphären zusammen, die Eskimos (und Grönländer) in Nord-Amerika und die Hyperboräer im nordöstlichen Asien (Jukagiren, Tschuktschen, Kurjäken und Kamschadalen). Durch Anpassung an das Polarklima ist diese Menschenform so eigentümlich umgebildet, daß man sie wohl als Vertreter einer besonderen Species betrachten kann. Ihre Statur ist niedrig und untersetzt, die Schädelform mittelköpfig oder sogar langköpfig, die Augen eng und schief geschlitzt, wie bei den Mongolen, auch die Backenknochen vorstehend und der Mund breit. Das Haar ist straff und schwarz. Die Hautfarbe ist heller oder dunkler bräunlich, bald fast weißlich oder mehr gelb, wie bei den Mongolen, bald mehr rötlich, wie bei den Amerikanern. Die Sprachen der Polarmenschen sind noch wenig bekannt, jedoch sowohl von den mongolischen als von den amerikanischen verschieden. Wahrscheinlich sind diese Arktiker als zurückgebliebene und eigentümlich angepaßte Zweige jenes Mongolenstammes zu betrachten, der aus dem nordöstlichen Asien nach Nord-Amerika hinüber wanderte und diesen Erdteil bevölkerte.

VIII. Zur Zeit der Entdeckung Amerikas war dieser Erdteil (von den Eskimos abgesehen) nur von einer einzigen Menschenart bevölkert, den Rothäuten oder Amerikanern. Unter allen übrigen Menschenarten sind ihr die beiden vorigen am nächsten verwandt. Insbesondere ist die Schädelform meistens der Mittelkopf, selten Kurzkopf oder Langkopf. Die Stirn ist breit und sehr niedrig, die Nase groß, vortretend und oft gebogen, die Backenknochen vortretend, die Lippen eher dünn als dick. Das Haar ist schwarz und straff. Die Hautfarbe ist durch roten Grundton ausgezeichnet, welcher jedoch bald rein kupferrot oder heller rötlich, bald mehr dunkler rotbraun, gelbbraun oder olivenbraun wird. Die zahlreichen Sprachen der verschiedenen amerikanischen Rassen und Stämme sind außerordentlich verschieden, aber doch in der ursprünglichen Anlage wesentlich übereinstimmend. Wahrscheinlich ist Amerika zuerst vom nordöstlichen Asien her bevölkert worden, von dem Mongolenstamme, von dem auch die Arktiker (Hyperboräer und Eskimos) sich abgezweigt haben. Zuerst breitete sich dieser Stamm in Nord-Amerika aus und wanderte erst von da aus über die Landenge von Central-Amerika hinunter nach Süd-Amerika, in dessen südlichster Spitze die Species durch Anpassung an sehr ungünstige Existenzbedingungen eine starke Rückbildung erfuhr (Patagonier). Wahrscheinlich sind aber von Westen her außer Mongolen auch Polynesier, durch Stürme verschlagen, in Amerika eingewandert und haben sich mit diesen vermischt. Jedenfalls sind die Ureinwohner Amerikas aus der alten Welt herübergekommen und keineswegs, wie Einige meinten, aus amerikanischen Affen entstanden. Catarhinen oder schmalnasige Affen haben zu keiner Zeit in Amerika existiert.

Die vier Menschen-Species, welche wir nun noch unterscheiden, die Australier, Dravidas, Nubier und Mittelländer, stimmen in mancherlei Eigentümlichkeiten überein, welche eine nähere Verwandtschaft derselben zu begründen scheinen und sie von den vorhergehenden unterscheiden. Dahin gehört vor allen die Entwickelung eines starken Barthaares, welches allen übrigen Species entweder ganz fehlt oder nur sehr spärlich auftritt. Das Haupthaar ist gewöhnlich nicht so straff und glatt wie bei den vier vorhergehenden Arten,

sondern meistens mehr oder weniger gelockt. Auch andere Charaktere scheinen dafür zu sprechen, daß wir dieselben in einer Hauptgruppe, den Lockenhaarigen, vereinigen können. Aus der gemeinsamen Stammform der Euplocamen, deren Urheimat wir im südlichen Asien suchen, sind wahrscheinlich zunächst zwei divergente Zweige entstanden, von denen sich der eine nach Südosten, der andere nach Nordwesten gewendet hat. Reste des ersteren sind die Weddas von Ceylon, die Australier und die Dravidas. Aus dem letzteren hingegen sind die Nubier und Mittelländer hervorgegangen.

IX. Auf der tiefsten Stufe unter allen lockenhaarigen Menschen, und in mancher Beziehung unter allen noch lebenden Menschenarten, stehen die oben erwähnten Weddas von Ceylon. Ihnen nahe verwandt erscheinen die Australier oder Australneger. Diese Urbewohner der Insel Neuholland gleichen den echten afrikanischen Negern durch die schwarze oder schwarzbraune und übelriechende Haut, durch die stark schiefzähnige und langköpfige Schädelform, die zurücktretende Stirn, breite Nase und dick aufgeworfene Lippen, sowie durch den fast gänzlichen Mangel der Waden. Dagegen unterscheiden sich die Australneger sowohl als die Weddas von den echten Negern und von den Papuas durch viel schwächeren, feineren Knochenbau, und namentlich durch die Bildung des schwarzen Kopfhaares; dieses ist nicht wollig-kraus, sondern wellig und lockig, bald fast schlicht, bald deutlich gelockt. Die sehr tiefe körperliche und geistige Ausbildungsstufe der Weddas ist als ursprüngliche und uralte Eigenschaft zu beurteilen; dagegen ist sie bei den Australnegern vielleicht teilweise durch Rückbildung, durch Anpassung an die sehr ungünstigen Existenzbedingungen Australiens entstanden. Wahrscheinlich sind die Australneger sehr frühzeitig von der weddalen Urart in Süd-Indien abgezweigt und von Norden oder Nordwesten her in ihre gegenwärtige Heimat eingewandert. Ihre ganz eigentümliche Sprache zersplittert sich in sehr zahlreiche kleine Zweige, die in eine nördliche und in eine südliche Abteilung sich gruppieren.

X. Unmittelbar schließt sich an die Australneger zunächst die merkwürdige Art der Dravida an. Gegenwärtig ist diese uralte Species nur noch durch die Dekhan-Völker im südlichen Teile Vorder-Indiens und durch die benachbarten Bewohner der Gebirge des nordöstlichen Ceylon vertreten. Früher aber scheint dieselbe ganz Vorderindien eingenommen und auch noch weiter sich ausgedehnt zu haben. Sie zeigt einerseits Verwandtschaftsbeziehungen zu den Weddas, Australiern und Malayen, andererseits zu den Mongolen und Mittelländern. Die Hautfarbe ist ein lichteres oder dunkleres Braun, bei einigen Stämmen mehr gelbbraun, bei vielen schwarzbraun. Das Haupthaar ist, wie bei den Mittelländern, mehr oder weniger gelockt, weder ganz glatt, wie bei den Euthycomen, noch wollig, wie bei den Ulotrichen. Auch durch den ausgezeichnet starken Bartwuchs gleichen sie den Mittelländern. Ihre ovale Gesichtsbildung scheint teils derjenigen der Malayen, teils derjenigen der Mittelländer am nächsten verwandt zu sein. Gewöhnlich ist die Stirn hoch, die Nase vorspringend, schmal, die Lippen wenig aufgeworfen. Während meines Aufenthaltes auf Ceylon (im Winter 1881/82) hatte ich, besonders in den Pflanzungen des Hochlandes der Insel, Gelegenheit, sehr zahlreiche Dravidas aus dem Stamme der Tamilen zu sehen; ich war überrascht von dem ausgeprägten Typus dieser selbständigen schwarzbraunen Menschenart. Sie erscheint in Gesichtsbildung und Körperbau fast eben so weit entfernt von den zimmtbraunen Singhalesen (Ariern), wie von den wollhaarigen Negern, zu denen sie gar keine Beziehung besitzen. Einen sehr merkwürdigen Stamm der Dravidaart (vielleicht eine selbständige Rasse) bilden die Todas im Nilagiri-Gebirge; ihr schwarzer Oberkörper ist sehr stark behaart (wie bei den Ainos in Japan), und ihre Augenbrauenbogen springen sehr stark über die flache Stirn vor, ähnlich wie beim „Neanderthalschädel". Vielleicht sind in den Todas und in anderen dravidischen Bergvölkern Vorder-Indiens Ueberreste einer uralten Menschenrasse erhalten, die mit den Weddalen zusammenhing und dem Urmenschen noch sehr nahe stand. Die Sprache der Dravida ist gegenwärtig stark mit indogermanischen Elementen vermischt, scheint aber ursprünglich von einer ganz eigentümlichen Ursprache abzustammen.

XI. Nicht weniger Schwierigkeiten als die Dravida-Species hat den Ethnographen der Nubier verursacht, unter welchem Namen wir nicht nur die eigentlichen Nubier

(Schangallas oder Dongolesen), sondern auch die ganz nahe verwandten Fulas, Fulben oder Fellatas begreifen. Die eigentlichen Nubier bewohnen die oberen Nil-Länder (Dongola, Schangalla, Barabra, Kordofan); die Fulas oder Fellatas dagegen sind von da aus weit nach Westen gewandert und bewohnen jetzt einen breiten Strich im Süden der westlichen Sahara, eingekeilt zwischen die Sudaner im Norden und die Nigritier im Süden. Gewöhnlich werden die Nuba- und Fula-Völker entweder zu den Negern oder zu den hamitischen Völkern (also Mittelländern) gerechnet, unterscheiden sich aber von beiden so wesentlich, daß man sie als eine besondere Art betrachten darf. Wahrscheinlich nahm dieselbe früher einen großen Teil des nordöstlichen Afrika ein. Die Hautfarbe der Nuba- und Fulavölker ist gelbbraun oder rotbraun, häufig selbst kupferrot, seltener dunkelbraun bis schwarz. Das Haar ist nicht wollig, sondern nur lockig, oft sogar fast ganz schlicht; die Haarfarbe ist dunkelbraun oder schwarz. Der Bartwuchs ist viel stärker als bei den Negern entwickelt. Die ovale, oft edle Gesichtsbildung nähert sich viel mehr dem mittelländischen als dem Neger-Typus. Die Stirn ist hoch und breit, die Nase vorspringend und nicht platt gedrückt, die Lippen nicht so stark aufgeworfen wie beim Neger. Vielleicht stammen die alten Aegypter von dieser Rasse ab. Die Sprachen der nubischen Völker scheinen mit denjenigen der echten Neger gar keine Verwandtschaft zu besitzen.

XII. An die Spitze aller Menschenarten hat man von jeher als die höchst entwickelte und vollkommenste den kaukasischen oder mittelländischen Menschen gestellt. Gewöhnlich wird diese Form als „kaukasische Rasse" bezeichnet. Da jedoch gerade der kaukasische Zweig unter allen Rassen dieser Species der wenigst bedeutende ist, so ziehen wir die von Friedrich Müller vorgeschlagene, viel passendere Bezeichnung des Mediterran-Menschen oder Mittelländers vor. Denn die wichtigsten Rassen dieser Species, welche zugleich die bedeutendsten Faktoren der sogenannten „Weltgeschichte" sind, haben sich an den Gestaden des Mittelmeeres zu ihrer ersten Blüte entwickelt. Der frühere Verbreitungsbezirk dieser Art wird durch die Bezeichnung der „indo-atlantischen" Species ausgedrückt, während dieselbe gegenwärtig sich über die ganze Erde verbreitet und die meisten übrigen Menschen-Species im Kampfe ums Dasein überwindet. In körperlicher, wie in geistiger Beziehung kann sich keine andere Menschenart mit der mittelländischen messen. Sie allein hat (abgesehen von der mongolischen Species) eigentlich „Geschichte" gemacht. Sie allein hat jene Blüte der Kultur entwickelt, welche den Menschen über die ganze Natur zu erheben scheint.

Die Charaktere, durch welche sich der mittelländische Mensch von den anderen Arten des Geschlechts unterscheidet, sind allbekannt. Unter den äußeren Kennzeichen tritt die helle Hautfarbe in den Vordergrund; jedoch zeigt diese alle Abstufungen von reinem Weiß oder Rötlichweiß, durch Gelb und Gelbbraun, bis zum Olivenbraun oder selbst Dunkelbraun. Der Haarwuchs ist meistens stark, das Haupthaar mehr oder weniger lockig, das Barthaar stärker als bei allen übrigen Arten. Die Schädelform zeigt einen großen Breitengrad der Entwickelung; überwiegend sind im Ganzen wohl die Mittelköpfe, aber auch Langköpfe und Kurzköpfe sind weit verbreitet. Der Körperbau im Ganzen erreicht nur bei dieser einzigen Menschenart jenes Ebenmaß aller Teile und jene gleichmäßige Entwickelung, welche wir als den Typus vollendeter menschlicher Schönheit bezeichnen. Die Sprachen aller Rassen dieser Species lassen sich bis jetzt noch nicht auf eine einzige gemeinsame Ursprache zurückführen; vielmehr sind mindestens vier verschiedene Ursprachen anzunehmen. Dementsprechend sind auch vier verschiedene, nur unten an der Wurzel zusammenhängende Rassen innerhalb dieser einen Species zu unterscheiden. Zwei von diesen Rassen, die Basken und Kaukasier, existieren nur noch in geringen Ueberbleibseln. Die Basken, welche früher ganz Spanien und Südfrankreich bevölkerten, leben jetzt nur noch in einem schmalen Striche, an der nördlichen Küste Spaniens, im Grunde der Bucht von Biskaya. Die Reste der Kaukasier (die Dagheftaner, Tscherkessen, Mingrelier und Georgier) sind jetzt auf das Gebirgsland des Kaukasus zurückgedrängt. Sowohl die Sprache der Kaukasier, als die der Basken ist durchaus eigentümlich und läßt sich weder auf die hamosemitische noch auf die indogermanische Ursprache zurückführen.

Zu den vorstehend aufgezählten, in der Müller-Häckelschen Stammtafel aufgeführten Rassen bemerkt Oskar Schmidt in seinem Werke „Descendenzlehre und Darwinismus“, dieselben seien nach naturhistorischen Merkmalen zu kennzeichnen, und da innerhalb der am besten bekannten Rassen sich Sprachen und Sprachfamilien finden, welche einen gemeinschaftlichen Ursprung ausschließen, so folgt daraus, daß die Sprachbildung erst begonnen, nachdem der noch sprachlose Urmensch in Rassen auseinander gegangen war. Alle Zeitrechnungen für geologische Perioden und Urgeschichten sind zwar höchst trügerisch; dennoch wollen wir uns eine Schätzung gefallen lassen, welche Friedrich Müller für die Entwickelung der Sprachen innerhalb der mittelländischen Rasse angestellt hat. Die Sprachstämme innerhalb der vorzugsweise das Becken des Mittelmeeres umwohnenden Völker sind: Baskisch, Kaukasische Sprachen, Hamito-Semitische Sprachen, Indo-Germanische Sprachen. „Die Sprachen aller dieser vier Stämme“, sagt Müller, „sind, wie von den kompetentesten Sprachforschern allgemein angenommen wird, nicht unter sich verwandt“. Wenn wir nun sehen, daß die mittelländische Rasse vier miteinander in keinem verwandtschaftlichen Verhältnisse stehende Volksstämme umfaßt, so liegt der Schluß nahe, daß, nachdem man jede Sprache auf eine Gesellschaft zurückführen muß, die eine Rasse nach und nach in vier Gesellschaften zerfiel, deren jede selbstständig ihre Sprache sich schuf. Eine weitere Folgerung ist die, daß der Rasse als solche keine Sprache zukommt, indem ja, wenn dies der Fall wäre, Rasse und Sprache sich gegenseitig decken müßten, was nicht der Fall ist.“ Wir müssen also annehmen, daß dem Menschen damals, als die verschiedenen Völker der mittelländischen Rasse eine Einheit bildeten, damals, wo der Mensch keinem Volke, sondern nur einer Rasse angehörte, die Sprache noch gänzlich gefehlt habe. Müller hält einen Zeitraum von annähernd 3000 Jahren, von dem Auseinandergehen der Rassen in noch sprachlose Gesellschaften an gerechnet, bis zu dem Zeitpunkt, wo sie durch Sprachen geschiedene und charakterisierte Völker bildeten, für hinreichend, glaubt aber, daß diese Zahl manchem als viel zu gering geschätzt erscheinen dürfte. Wenn man nun ferner an das alte Kulturvolk der Aegypter anknüpft und die Zeit seiner mutmaßlichen Wanderung aus Asien veranschlagt, so „erscheint wenigstens das Jahr 6500 vor Beginn unserer Zeitrechnung als jener Zeitpunkt, wo wir von einem hamito-semitischen Urvolk im Norden Europas reden können. Es bestand also bereits vor 12000 Jahren eine mittelländische Rasse. Welche Zeit aber nötig war, den Urmenschen in die Rassen sich scheiden zu lassen, liegt völlig außer Berechnung, und dies um so mehr, als nicht die geringsten Spuren von ihm bis jetzt gefunden worden sind.“

Die Unterscheidung der Menschenrassen nach der Behaarung ist von Fachgelehrten vielfach angefochten worden, so namentlich von Virchow, der sich darüber in nachstehender Weise äußert: „Alle diejenigen, die sich mit der Rassenfrage beschäftigen, wissen, welche hohe Bedeutung der Behaarung im Sinne der modernen Descendenzlehre beigelegt ist, indem gerade von den Haaren die Klassifikation fast aller neueren Autoren ausgegangen ist, und zwar nicht bloß der Vertreter der physischen Anthropologie, sondern auch der Linguisten. Wir alle haben Interesse an dieser Frage und werden uns freuen, dieselbe aus der bisherigen, meist dilettantenhaften Behandlung herausgerissen und strenger wissenschaftlicher Untersuchung unterworfen zu sehen. Denn das kann ich hier, ohne irgend jemand zu nahe zu treten, sagen, daß gerade Diejenigen, die vorzugsweise die Descendenzfrage in Bezug auf den Menschen erörtert und den Stammbaum des Menschengeschlechts wesentlich begründet haben, auf die Klassifikation der verschiedenen Stämme nach der Haarbildung, auch wenn sie sonst Naturforscher waren, gar keine Untersuchungen über das Haar angestellt haben. Gerade diese Seite der Forschung ist in der Regel mit dilettantenhafter Oberflächlichkeit behandelt worden, auch von denen, welche selbst die wichtigsten Schlüsse daraus gezogen haben.“

Der Zoologe Götte (geb. 1840), der die genauesten Untersuchungen über die Eigenschaften und Verhältnisse der Behaarung angestellt hat, hebt hervor, daß die Unbeständigkeit der verschiedenen Haarformen der Säugetiere gegenüber äußeren Einflüssen so vielfach nachgewiesen sei, daß man in der Zoologie das Theoretisieren aufgab, nicht aber in Betreff des Menschengeschlechts, wo es aus gewissen Gründen wichtig erschien, genügende

sogenannte typische Merkmale zur Befestigung des Rassenbegriffs zusammenzulesen. Nach dieser letzteren Richtung geht aber aus Göttes Untersuchungen und denjenigen anderer Gelehrter wie Waldeyer, Bälz, Fritsch, A. B. Meyer u. A. hervor, daß auch für den Menschen die Behaarung als exaktes Rassenunterscheidungsmerkmal nicht gelten könne, und daß namentlich Bezeichnungen wie „Büschelhaarig“ oder „Wollhaarig“ einer genauen Untersuchung nicht stand halten, am allerwenigsten aber den Wert von Rassenmerkmalen beanspruchen können. Johannes Ranke resumiert: „Zu einer Artentrennung oder nur zur Unterscheidung größerer Völkerfamilien ist das Haar ebenso wenig wie die Hautfarbe exakt brauchbar, dagegen sind die beiden so augenfälligen und im Allgemeinen ganz besonders konstanten Merkmale gewiß verwendbar für Unterscheidung kleinerer Gruppen der Menschheit. Im Allgemeinen können wir sagen, daß die zur großen mongolischen Völkerfamilie Gehörigen und ihre Verwandten durch langes, straffes und schlichtes Haar, ein großer Teil der Bewohner Afrikas, sowie die Papua hingegen durch krauses Haar sich auszeichnen. Die Europäer scheinen in dieser Beziehung mehr gemischt. Das Haar der Australier ist mehr wollig als straff.“

Der Zoologe Oskar Peschel (1826—1875) hat die Rasseneinteilung auf Grund der Behaarung ebenfalls verworfen und demgemäß die Müllersche Einteilung in der Weise modifiziert, daß er mehrere der Müllerschen Rassen in eine zusammenzog und folgende sieben Rassen erhielt: I. Australier, II. Papua, III. Mongolen (unter welcher Bezeichnung er die Müllerschen Rassen 6 bis 9 [vgl. die Uebersicht auf S. 667] zusammenzieht), IV. Dravida, V. Hottentotten, VI. Neger (zusammengesetzt aus den Müllerschen Rassen 3, 4 und 11), endlich VII. Mittelländer. Die erste Klasse Peschels umfaßt die Bewohner Australiens und Tasmaniens, die zweite diejenigen Neu-Guineas und der benachbarten Inseln, die dritte die Mongolen und mongolenähnlichen Völker, zu denen nicht bloß die Festlands-Asiaten, sondern auch die Malayo-Polynesier und die Eingeborenen Amerikas zu zählen sind, die vierte die Dravidas oder ureingeborenen Bewohner Vorder-Indiens*), die fünfte die Hottentotten und Buschmänner, die sechste die Negervölker Afrikas und die siebente die mittelländischen Völker, welche den Kaukasiern Blumenbachs entsprechen.

Zum Schlusse sei noch die von Huxley aufgestellte, auf körperliche Merkmale gegründete Einteilung der Menschenrassen mitgeteilt. Derselbe unterscheidet vier Typen und diese sind:

1. Der australoide Typus: Chokoladenbraun, dünnbeinig, mit rabenschwarzem, wolligem, langem Haar, Langschädel mit starkem Augenbrauenboden, in der Ansicht von hinten fünfeckig, Zähne groß, Eckzähne gewöhnlich stärker als bei anderen Menschenklassen, obere Vorderzähne schiefstehend. Diese Form findet man auf dem australischen Festlande, im inneren Dekhan (Hindostan) und in Aegypten.

2. Der negroide Typus: Haut, Augen und Haare braun bis schwarz, Haare kurz, kraus, wollig, Bart und Körperhaar sparsam, Langschädel mit unvollkommen gebildeter Stirn, schiefzähnig, mit eingedrücktem Nasenbein. Wohnt zwischen der Sahara und dem Kapland (im weiteren Sinne), wo die Buschmänner eine eigentümliche Abart dieses Typus bilden, dann auf Madagaskar. Die Hottentotten sind vielleicht ein Ergebnis der Kreuzung zwischen Buschmännern und gewöhnlichen Negern. Die Negritos bilden eine weitere, dem australoiden Typus sich nähernde Modifikation der Negroiden-Form.

3. Der xanthochroische Typus, die Hellweißen oder Blonden, Hochgewachsenen: Blau- oder grauäugig, mit reichlichem Bart- und Körperhaar. Die Schädelbildung durchläuft alle Formen, von der extremen Dolichocephalie (Langköpfigkeit) bis zur extremen

*) Die ältesten geschichtlich nachweisbaren Besitzer Vorder-Indiens sowie Persiens und Ost-Irans legten sich den Namen Arier, d. h. Herren bei. Man hält sie für Eingewanderte aus den südlichen Gebieten Inner-Asiens und betrachtet sie als das Stammvolk einer großen Reihe von Völkerschaften, die sich von diesem bis nach West-Europa verbreitet haben und als arische oder indo-europäische Völker bezeichnet werden. In Vorder-Indien blieb neben ihnen noch ein Rest der ureingeborenen, von den Ariern unterjochten Bevölkerung übrig, der sich im südöstlichen und südlichen Teile der Halbinsel und auf Ceylon konzentriert und als Dravida-Rasse bezeichnet wird.

Brachycephalie (Kurzköpfigkeit). Die Xanthochroen bewohnen den größten Teil Central-Europas und berühren sich im Süden und Westen mit den Melanochroen oder Dunkelweißen (den Brünetten, welche aus einer Mischung zwischen Xanthrochroen und einem der dunklen Typen hervorgegangen sind); im Süden und Osten erscheinen sie gemischt mit mongoloiden Elementen.

4. Der mongoloide Typus: Kurz und stämmig, gelbbraun mit schlichtem, grobem, schwarzem Haar, das am Schädel lang, sonst spärlich ist; stark brachycephal mit platter kleiner Nase und schiefstehenden Augen. Dieser Typus bewohnt ein enormes Gebiet, östlich einer von Lappland nach Siam gezogenen Linie. Modifikationen desselben zeigen die dolichocephalen Chinesen und Japaner, die Polynesier, welche sich dem australoiden Typus annähern und vielleicht aus einer Mischung zwischen Malayen und Negritos hervorgegangen sind, endlich die Eskimos, die Grönländer und die ganze Bevölkerung der beiden Amerika, welche mit mongoloidem Habitus in Haut und Haar eine vorwiegend lange Schädelbildung vereinigen.

Für die Kulturmenschheit ist die Rassenfrage von ganz untergeordneter Bedeutung. Wir wissen, daß es innerhalb der mittelländischen Rasse, die als die bevorzugte gilt und der die höchst entwickelten Kulturvölker des Altertums angehört haben, jene der Gegenwart noch angehören, alle möglichen Kulturabstufungen vertreten sind und daß sich nach diesen nicht etwa bloß die Völker oder Nationen als solche (wie etwa der Somal oder Araber vom Romanen oder Germanen), sondern auch innerhalb derselben die Volksschichten bis zu den grellsten Gegensätzen unterscheiden. Auch die zweite Hauptrasse, die mongolische, der wir — nach Peschel — die amerikanische zuzählen, hat neben ganz unkultivierten Fischer-, Neger- und Nomadenvölkern solche von hoher Kulturstellung, sowohl in der Vergangenheit (wie die Azteken und Tolteken des nördlichen und die Peruaner des südlichen Amerika) als auch in der Gegenwart (wie die Japaner und Chinesen) aufzuweisen. Mit Recht hebt Peschel hervor, daß die Reife der verschiedenen menschlichen Gesellschaften nicht streng dem Wechsel der Begabung der Rassen entspricht, sondern auch von der Gunst oder Ungunst des Wohnortes abhängig ist, so daß auch dessen Rückwirkung auf die Kulturgeschicke der einzelnen Menschengruppen in Erwägung gezogen und möglichst bestimmt nachgewiesen werden müsse. So ist es beispielsweise selbstverständlich, daß ein über kleine Inselchen zerstreuter und vom Festlande völlig abgeschnittener Volksstamm, wie beispielsweise derjenige der Mikronesier, zu keiner hohen Kulturentwickelung gelangen kann und daß sein Gesichts- und Wirkungskreis stets ein engbegrenzter bleiben muß. Von großem Einfluß auf die Kulturentwickelung ist auch das Klima. In üppigen tropischen Gegenden hat der Mensch, wie schon beiläufig bemerkt worden ist, keinen Anlaß, seine geistigen Kräfte und seine Kunstfertigkeit besonders in Anspruch zu nehmen, da ihm hier die Natur von selbst reichlichen Lebensunterhalt gewährt; zudem wirkt das heiße Klima verweichlichend und erschlaffend, und das Kulturstreben nimmt infolgedessen eine einseitige Richtung an, deren Haupttriebe Prunk- und Genußsucht sind. Daß sich gerade unter solchen von der Natur bevorzugten Himmelsstrichen die Wohnstätte der ältesten Kulturvölker befand, die wir kennen, kann nicht wundernehmen, denn die Herrschaft über derlei begünstigte Gebiete ist unter allen Umständen etwas Begehrenswertes, und man kann als sicher annehmen, daß sich um ihren Besitz ein heftiger Wettkampf entsponnen hat, in welchem der Sieg schließlich denjenigen zufallen mußte, die sich vermöge ihres höheren Entwickelungszustandes als die stärksten in diesem Kampfe erwiesen haben. Ebenso sicher ist aber anzunehmen, daß die Kulturvölker, die wir im frühen Altertum in jenen Gegenden finden, nicht von allem Anfang an dort gelebt haben, sondern vielmehr als Eroberer dort eingedrungen sind, wie dies beispielsweise hinsichtlich der arischen Kulturvölker Vorder-Indiens als historisch feststehende Thatsache anerkannt ist. Aber diese Einwanderer vermochten sich und ihre Kultur nicht dauernd zu erhalten; sie verfielen in Ueppigkeit, Verweichlichung und Entartung und wurden von anderen verdrängt, die später das gleiche Schicksal ereilte. Wo die Natur sich am reichsten entwickelt, ist der Kultur eine Grenze gesteckt; der Boden für ihre höchste Entwickelung ist da, wo

dem Menschen Lebensbedingungen geboten sind, die ihm keinen allzu harten Kampf ums Dasein aufnötigen, wohl aber seine geistigen und körperlichen Kräfte, namentlich seine Kunstfertigkeit fortwährend in Anspruch nehmen und durch beständige Uebung stählen und fortbilden.

Von hohem Interesse ist die Darlegung der Bedeutung der Kultur in ihren verschiedenen Zweigen, wie sie Friedrich Ratzel in seiner „Völkerkunde" giebt. Dieser Gelehrte (geb. 1844 zu Karlsruhe in Baden, seit 1886 Professor der Erdkunde an der Universität zu Leipzig), der mit Recht als der Begründer der selbständigen Stellung der Völkerkunde in der Wissenschaft bezeichnet wird, hat neben Bastian*) zuerst auf die Wichtigkeit hingewiesen, die dem stofflichen Kulturbesitz der Völker neben dem geistigen zukommt. Während man früher in den Waffen, Geräten, Kleidungs- und Schmuckstücken fremder Völker mehr den Kuriositätenwert zu erkennen geneigt war, hat sich jetzt — und zwar nicht zum wenigsten durch das Verdienst Ratzels — die Ueberzeugung Bahn gebrochen, daß diese stofflichen Kulturprodukte die zuverlässigste Kunde von der Anpassung eines Volkes an seinen Boden und die ihm gebotenen Lebensbedingungen bieten, daß die Fortschritte und Verbesserungen der Waffen und Geräte, der Bekleidung, des Baues und der Einrichtung der Wohnung u. s. w. den besten Maßstab für die Kulturentwickelung des betreffenden Volkes geben, und daß aus der Beschaffenheit dieses Kulturmateriales die Beziehungen der Völker untereinander, ihre Verkehrs- und Handelsbeziehungen, Wanderungen u. s. w. nicht selten ebenso deutlich, wenn nicht noch deutlicher erkannt werden können, als aus der Sprache. Die Thatsache, daß die Kulturprodukte einfachster Art häufig eine überraschende Uebereinstimmung bei großer Verschiedenheit der Zeit und des Ortes zeigen (wie beispielsweise die Art und Weise, wie die Pfahlbauer der europäischen Steinzeit und die Papua der Gegenwart ihre Steinbeile schäften), die insofern von großer Bedeutung ist, als sie auf eine gewisse Gleichförmigkeit der Grundzüge der menschlichen Erfindungsgabe auf dem Gebiete der Kunstfertigkeit schließen läßt (eine Gleichförmigkeit, die noch in weit vollkommenerem Maße bei den technischen Leistungen der Tiere, z. B. dem Bau der Ameisen und Bienen in die Erscheinung tritt), ist durch das genauere vergleichende Studium des stofflichen Kulturbesitzes der Völker ebenfalls der wissenschaftlichen Erkenntnis wesentlich näher gerückt, das bezügliche Beweismaterial in erheblichem Maße bereichert worden. Der Ethnolog und Ethnograph (Forscher auf dem Gebiete der Völkerkunde im engeren Sinne des Wortes, der sich mit der Beschreibung und Klassifikation der Völker — der Ethnographie — und der Abstammungsverhältnisse und besonderen Eigentümlichkeiten der Rassen und Völker sowie ihrer Kulturverhältnisse — der Ethnologie — beschäftigt) hat durch diese vertiefte und erweiterte Auffassung seiner Aufgabe einen viel umfassenderen Gesichtskreis gewonnen und ist ebensogut zum Mitarbeiter an der Geschichtsschreibung des menschlichen Geistes geworden, wie der vergleichende Sprachforscher, indem er zeigt, wie der Menschengeist den Stoff seinen Zwecken dienstbar, seine technische Kunstfertigkeit mit mehr oder weniger Intelligenz nutzbar zu machen versteht.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, darf sich, wie Ratzel ausführt, die Völkerkunde nicht bloß mit dem Sein, sondern sie muß sich auch mit dem Werden der Menschheit befassen, soweit dieses Werden in der inneren Mannigfaltigkeit der letzteren seine Spuren hinterlassen hat. Die Kluft des Kulturunterschiedes zweier Gruppen der Menschheit nach Breite und Tiefe kann vollständig unabhängig sein von der Größe des Unterschiedes der Begabung. In erster Linie müssen die Unterschiede der Entwickelung und Umstände in Betracht gezogen werden. Sie ergeben sich aus den geographischen Verhältnissen, welche der Betrachtung der äußeren Umstände zur Grundlage dienen, und aus den geschichtlichen Verhältnissen, die den Entwickelungsgang bedingen und vorzeichnen. Die Erwägung der geographischen Verhältnisse ist deshalb unerläßlich, weil alles Wachstum der Menschheit in Geist und Kultur,

*) Adolf Bastian, geb. 1826 zu Bremen, einer der bedeutendsten deutschen Reisenden und Ethnographen, zur Zeit Professor an der Berliner Universität und Leiter des Museums für Völkerkunde daselbst.

alles, was wir civilisatorischen Fortschritt nennen, viel eher dem Aufsprießen einer Pflanze als dem unbeengten Aufschwingen eines Vogels zu vergleichen ist. Immer bleiben wir an die Erde und die irdischen Begebenheiten gebunden, und den Zweig kann doch immer nur der Stamm tragen. Die Menschheit vermag ihr Haupt in den reinen Aether zu erheben, ihre Füße müssen nichtsdestoweniger immer an der Erde haften. Was aber die geschichtliche Erwägung anbetrifft, so verweist Ratzel, um ein Beispiel zu geben, auf die Tubu (oder Tibbu) in der östlichen Sahara. „Schon Herodot spricht von einem Troglodytenvolke, das nahe bei den Garamanten, den Bewohnern des heutigen Fessan, seine Wohnsitze habe. Es sei gewandt und schnellfüßig, und seine Sprache sei wenig bekannt außerhalb der Grenzen seiner Wohnsitze. Diese Schilderung paßt auf Nachtigals Tubu oder Teda vollkommen. Noch heute bewohnen diese vielfach die natürlichen Höhlungen ihrer Felsen, noch immer sind sie weit und breit wegen ihrer Gewandtheit und Schnellfüßigkeit berühmt, und ihre Sprache ist nur wenig über die Wälle der Felsenfeste ihrer Wohnsitze hinausgedrungen. Also zum mindesten über 2000 Jahre, und wer weiß um wieviel länger, leben sie in derselben Weise. Sie sind heute so reich und so arm, so weise und so unwissend wie vor Jahrtausenden. Sie haben, wie es scheint, nichts zu dem erworben, was sie vordem besaßen. Jedes Geschlecht hat dieselbe Geschichte wie das, welches ihm voranging, und dieses wiederholte die früheren. Sie haben nicht, wie man zu sagen pflegt, Fortschritte gemacht. Sie sind aber immer begabte, kräftige, thätige Menschen gewesen, mit großen Tugenden und vielen Fehlern. Ein Stück der vergangenen Zeit stehen sie vor uns. In derselben Frist hat unser Volk samt Verwandten eine reiche Geschichte gelebt, haben wir Schätze an Weisheit, Wissen, Können und Reichtümern aufgehäuft. Wir sind aus dem Dunkel der Wälder heraus auf die großen geschichtlichen Schauplätze gezogen und haben in Krieg und Frieden unseren Namen zu einem der geehrtesten und gefürchtetsten unter den Völkern gemacht. Sind wir aber als einzelne Menschen so viel anders geworden? Sind wir unseren Ahnengeschlechtern viel überlegener an Kraft des Körpers und Geistes, an Tugenden und Fähigkeiten als die Tubu den ihren? Man darf zweifeln. Der größte, im Grunde der einzige Unterschied liegt darin, daß wir mehr gearbeitet, mehr erworben, rascher gelebt, vor allem aber, daß wir das Erworbene bewahrt haben und es zu nützen wissen."

Man kann hier, um das Beispiel noch einleuchtender zu machen, wohl beifügen, daß zur Zeit, als Herodot jene Troglodyten (Höhlenbewohner) fand, unter dem gleichen Himmelsstriche mit ihnen das uralte Hochkulturvolk der Aegypter an den Ufern des Nil wohnte, das in körperlicher Hinsicht den erstgenannten gewiß sehr ähnlich war, in Bezug auf geistige und technische Leistungen aber himmelhoch über jenen stand. Auch die Aegypter waren an ihren Boden geheftet und wuchsen auf demselben zwar mächtig empor, aber nicht darüber hinaus, und ihre hervorragende Stellung als Kulturvolk hatten sie einzig und allein den günstigeren Bedingungen zu verdanken, die ihnen, beziehungsweise ihrer technischen und geistigen Entwickelung, das von ihnen bewohnte Land durch seine Fruchtbarkeit und geographische Lage darbot. Und noch eine weitere Betrachtung. Die Araber, die als Begründer und Verbreiter des Islam eine so große Rolle in der Welt- und Kulturgeschichte gespielt haben, sind einem Boden entsprossen, dessen Naturverhältnisse unbestreitbar denjenigen der Heimat der Aegypter und jener Troglodyten Herodots verwandt sind. Wie erklärt es sich nun, daß von diesen Völkerschaften die eine in ihrem Urzustande verharrte, die andere eine hohe, aber auf ihr ursprüngliches Gebiet beschränkt gebliebene Kultur entwickelte, die dritte aber zu einem Erobervolke wurde, das für sich und seinen religiösen Kulturgedanken ein gutes Stück der alten Kulturwelt teils vorübergehend, teils dauernd zu gewinnen wußte? Eine Erklärung hierfür und die zahlreichen weltgeschichtlichen Vorgänge, die ähnliche Gegensätze aufweisen, giebt Ratzel, indem er hervorhebt, daß zwar einerseits jedes Volk aus Individuen besteht, die bei allen Bethätigungen der Gesamtheit des betreffenden Volkes die Grundelemente bilden und bleiben, andererseits aber die Uebereinstimmung dieser Individuen in der Anlage eine so weitgehende ist, daß die von einem Individuum ausgehenden Gedanken ihres Wiederhalles in andern sicher sind, wenn sie überhaupt

bis zu ihnen ihren Weg finden, ebenso wie derselbe Same auf gleichem Boden gleiche Früchte trägt.

Von dem Auftauchen solcher Gedanken innerhalb eines Volkes und von dem Wegfinden desselben zu anderen Individuen und schließlich zur Volksmasse als solcher ist der Entwickelungsgang der Völker allezeit abhängig gewesen. Hätte ein Mohammed unter den Troglodyten Herodots, ein Alexander unter den Aegyptern gelebt, so wären diese Völkerschaften vielleicht zu der gleichen Machtausbreitung gelangt, wie die Araber und Makedonier. „Elementare Ideen" — so führt Ratzel weiter aus — „haben eine unwiderstehliche Expansionskraft, und es ist an sich gar nicht abzusehen, warum diese Halt machen sollte vor der Hütte oder dem Herdfeuer eines Kaffern oder Botokuden. Allein die Hindernisse, die ihre Wanderungen hemmen oder verlangsamen, sind zahllos, und außerdem sind sie, weil aus Leben geboren und von Leben getragen, veränderlich wie alles Leben. Hier liegt ein Hauptgrund von Unterschieden innerhalb der Menschheit und eine Fülle von Problemen der Völkerkunde. Ja, man darf sagen, in der geographischen Verbreitung einmal der Völker selbst, dann aber ihrer Kulturerwerbungen und Kulturmittel vom Feuer bis zu den höchsten Ideen der geschichtlichen Nationen liegt der Schlüssel zur Urgeschichte der Menschheit."

Unter den allgemeinen Unterschieden innerhalb der Menschheit spielen die angeborenen körperlichen Unterschiede eine besonders augenfällige Rolle, und man hat den Begriff der „Kulturrasse" aufgestellt, um in ihm den Schlüssel zur Erklärung der gewaltigen Kulturunterschiede zu finden, die zwischen den verschiedenen Völkern bestehen. Im Körperbau der Kulturvölker treten Eigenschaften auf, die — wir folgen auch hier den Ausführungen Ratzels — durch die Kultur hervorgerufen sind, ebenso wie andererseits der Körper der Naturvölker in gewissen Zügen deutlichst die Wirkungen einer Lebensweise aufweist, welche durch den Mangel an fast allem bezeichnet wird, was wir gewohnt sind, Kultur zu nennen. Gustav Fritsch, welcher zu denjenigen Anatomen gehört, die Gelegenheit zum Studium von Naturvölkern mitten in ihrer Natur gehabt haben, stellt den Satz auf, daß die harmonische Entwickelung des menschlichen Körpers nur unter dem Einflusse der Kultur möglich sei, und man gewinnt aus seinen Schilderungen der Hottentotten, Buschmänner und selbst der Kaffern die Ueberzeugung, daß gut entwickelte, plastisch schöne Körper bei ihnen sehr selten seien, viel seltener als bei uns angeblich abgelebten Kulturmenschen. Er spricht es an einer Stelle deutlich aus, „daß der gesunde, normal entwickelte Germane, sowohl was die Proportionen als die Kraft und Fülle der Formen anlangt, in der That den durchschnittlichen Bau des zu den A-Bantu gehörigen Mannes übertrifft." Diese Bantu aber, darf man hinzusetzen, sind in dem Zweige der Kaffern, von dem hier speciell die Rede ist, einer der anerkannt kräftigsten und gestähltesten Völkerstämme von Afrika. Wir haben in neuerer Zeit ähnliche Urteile öfters vernommen, und heute dürfte jener Ausspruch eines amerikanischen Ethnographen: der Indianer sei das beste Modell des Apollo von Belvedere, selbst nicht als Redeblume ohne Widerspruch passieren. Man ist tiefer eingedrungen und hat auch in dem Knochenbaue Unterschiede nachgewiesen, die auf Einflüsse der Kultur einerseits, auf solche des uncivilisierten Lebens andererseits zurückführen. Virchow hat Lappländer und Buschmänner geradezu als pathologische, d. h. verelendete, durch Hunger und Not heruntergekommene Rassen bezeichnet. Aber das für die Bestimmung des Wertes der Rassenunterschiede wichtigste Experiment, für welches die Wissenschaft viel zu klein und nur die Weltgeschichte selber mächtig genug sich erweist, das ist erst im Werden, und unser Geschlecht wird das Ergebnis desselben nicht mehr erleben. Die Einführung der sogenannten niederen Rassen in die Kulturkreise der höheren und die Niederwerfung der Schranken, die einst die Bedingung dieser Einführung gebildet hatten, ist nicht bloß der größte Ruhmestitel für die Menschlichkeit unseres Jahrhunderts, sondern gleichzeitig auch ein Geschehnis vom tiefsten wissenschaftlichen Interesse. Zum erstenmal werden Millionen der für am niedrigsten gehaltenen Rasse, der schwarzen, alle Vorteile, alle Rechte und alle Pflichten der höchsten Kultur zugänglich gemacht, und nichts hindert sie, alle Mittel der Bildung zu

gebrauchen, welche (hier liegt das anthropologisch Interessante dieses Vorganges) notwendig eine Umbildung sein wird. Wenn wir heute mit auch nur annähernder Sicherheit sagen könnten, was in einer Reihe von Menschenaltern aus diesen 12 Millionen Negersklaven geworden sein wird, welche in den letzten Jahrzehnten in Amerika befreit worden sind und welche im Genusse der Freiheit und der modernsten Kulturerrungenschaften zu 100 Millionen sich vervielfältigt haben werden, so würde diese schwierige Frage nach den Kulturwirkungen in den Rassenunterschieden sicher zu beantworten sein. So aber müssen wir uns mit Andeutungen und Vermutungen begnügen.

Wir übergehen hier einige Beobachtungen, welche in neuerer Zeit über Umänderung anderer Rassenunterschiede unter dem Einflusse veränderter äußerer Verhältnisse gemacht worden sind, wie das Blässerwerden von Negern in gemäßigtem Klima und Aehnliches, indem wir uns begnügen, die Meinung auszusprechen, daß alle rassenvergleichenden Studien der letzten Jahre eher geeignet zu sein scheinen, das Gewicht der herkömmlich angenommenen anthropologischen Rassenunterschiede zu vermindern, als zu verstärken, und daß sie jedenfalls der Auffassung keine Nahrung geben, welche in den sogenannten niederen Rassen der Menschheit einen Uebergang vom Tiere zum Menschen zu erblicken geneigt ist. Die allgemeine Tierähnlichkeit des Menschen in körperlicher Beziehung soll damit nicht bestritten werden, wohl aber die Annahme, daß einzelne Teile der Menschheit so viel tierähnlicher seien als andere. Auf Züge, die tierisch zu nennen sind, stößt man beim Studium der Völker aller Rassen, und zwar läßt sich dies nicht anders erwarten. Da der Mensch in seinem Körperbaue eine so entschiedene Affenähnlichkeit bewahrt hat, daß auch neuere Systematiker, welche bloß hierauf Gewicht legen, auf die alte Linnésche Zusammenstellung der Gattung Homo mit den Affen in einer Ordnung der Primates zurückkommen konnten, ohne unlogisch gescholten zu werden, genügt eine Reduktion des Geistigen in der Menschennatur, um in manchen Richtungen die Tierischkeit der stofflichen Grundlage geradezu grell hervortreten zu lassen. Wir alle sind leider mit der Auffassung nahe vertraut, daß im Menschen eine Bestie verborgen sei, und das „tierische“ Behagen, die Vertierung und andere nur zu geläufige Sprachformen beweisen, wie häufig sich unsere Phantasie zu entsprechenden Vergleichen aufgefordert finden muß. Wenn eine hungrige Familie australischer Eingeborenen den Geiern ein Aas abjagt, das nach allem Rechte der Natur diesen längst zugehörte, um sich wie eine Heerde neidischer, gieriger Schakale auf die Beute zu werfen und nicht eher vom Fressen abzulassen, als bis der übervolle Magen sie zum Schlafe niederwirft, so beweist dies buchstäblich ihre Vertierung; denn sie leiden an Schwund der Seele, welche die wesentliche Eigentümlichkeit des Menschen ausmacht. So wundert es uns auch nicht, wenn Afrikareisende einen aufgestörten Buschmannschwarm, der in jedem Fremden, sei er weiß oder schwarz, einen Feind sieht, mit nichts anderem als einer Heerde von fliehenden Schimpansen oder Orangs vergleichen 2c. Nur sollte man dabei — so fährt Ratzel in seinen Betrachtungen fort — nicht immer auf diese armen Naturvölker losschlagen, denen im Ganzen von Natur keine so viel größere Neigung zur Tierähnlichkeit innewohnt als uns. Diese traurige Fähigkeit, tierähnlich sein oder werden zu können, ist leider allen Menschen vorbehalten, den einen etwas mehr, den anderen etwas weniger, und es hängt hauptsächlich vom Grade der Verstellungsfähigkeit ab, welcher allerdings oft der Kultur entspricht, ob sie sich mehr oder minder häufig und deutlich äußert. Die Kultur aber ist es allein, welche eine Grenze zwischen uns und den Naturvölkern zu ziehen im stande ist. Man muß es mit der größten Entschiedenheit betonen, daß der Begriff Naturvölker nichts Anthropologisches, nichts Anatomisch-Physiologisches in sich hat, sondern ein rein ethnographischer, ein Kulturbegriff ist. Naturvölker sind kulturarme Völker, und es können Völker von jeder Rasse, von jedem Grade natürlicher Ausstattung entweder noch nicht zur Kultur fortgeschritten, oder in der Kultur zurückgegangen sein. Die alten Deutschen und Gallier traten der römischen Kultur verhältnismäßig nicht minder kulturarm gegenüber als uns die Kaffern oder Polynesier, und vieles, was sich heute zum Kulturvolke der Russen zählt, war zur Zeit Peters des Großen noch reines Naturvolk.

In der That ist die Kluft des Kulturunterschiedes zweier Gruppen der Menschheit nach Breite und Tiefe vollständig unabhängig von der Größe des Unterschiedes in ihrer Begabung. Man erwäge, daß in dem, was die Höhe der Kulturstufe ausmacht, in dem gesamten Kulturbesitze eines Volkes, überhaupt eine Fülle von Zufälligkeiten wirksam ist, welche uns höchst behutsam machen sollte in allen Versuchen, aus ihnen einen Schluß auf die körperliche, geistige und gemütliche Ausstattung des Volkes zu ziehen. Hochbegabte Völker können kulturlich arm ausgestattet sein und dadurch den Eindruck einer allgemein niederen Stellung innerhalb der Menschheit machen. Chinesen und Mongolen gehören derselben Rasse an, und doch, welcher Unterschied der Kultur! Noch größer ist dieser, wenn wir an der Stelle der Mongolen irgend einen der barbarischen Stämme nehmen, die in den Grenzprovinzen Chinas sich wie Inseln von der höher civilisierten Menschenflut abheben, welche sie ringum umgiebt und sie jetzt allerdings schon bald überflutet haben wird. Nach neueren Forschungen möchte es scheinen, als ob die Aino, die Urbewohner der nördlichen japanischen Inseln, uns, der kaukasischen Rasse, näher stünden als der mongolischen. Und doch sind sie Naturmenschen, und als solche sogar von den Japanern angesehen, während die mongolischen und, vielleicht mit einem nicht ganz geringen Anteile ihres Blutes sogar, malayischen Japaner im Vergleich mit ihnen sogar ein sehr hochstehendes Kulturvolk sind. Man sieht, die Rasse hat mit dem Kulturbesitze an sich nichts zu thun. Es würde zwar thöricht sein, zu leugnen, daß in unserer Zeit die höchste Kultur sehr vorwiegend von der sogenannten kaukasischen oder weißen Rasse getragen wird; aber andererseits ist es eine ebenso wichtige und um vieles erfreulichere Thatsache, daß seit Jahrtausenden in aller Kulturbewegung die Tendenz vorherrscht, alle Rassen heranzuziehen zu ihren Lasten und Pflichten und dadurch Ernst zu machen mit dem großen Begriffe „Menschheit", dessen Besitz zwar als eine auszeichnende Eigenschaft der modernen Welt von allen gerühmt, an dessen praktische Verwirklichung aber von vielen noch nicht geglaubt wird. Und blicken wir über den Rahmen der kurzen und engen Begebenheiten hinaus, die man anmaßend die Weltgeschichte nennt, so werden als Träger der jenseits liegenden Ur- und Vorgeschichte Glieder aller anderen Rassen anzuerkennen sein. Schon ihre eigene Verbreitung und diejenige alter Kulturspuren ist gar nicht anders zu deuten.

Das Wesen des Unterschiedes, der die Natur- und Kulturvölker auseinander hält, ist von den Anhängern der Entwickelungslehre vielfach in dem Sinne gedeutet worden, daß die ersteren „die ältesten noch zu Tage stehenden Schichten der Menschheit", Reste der kulturlosen Perioden seien, über welche andere Teile der Menschheit, die im Kampfe um das Dasein zu höherer Begabung sich emporgerungen und reicheren Kulturbesitz sich erworben, längst hinausgeschritten sind. Dieser Annahme gegenüber erhebt Ratzel die Frage: „Aus welchen Dingen besteht denn dieser Kulturbesitz? Man wird nicht darüber streiten, daß Sprache, Religion, politische und wirtschaftliche Einrichtungen vier natürliche Abteilungen sind, in welche alle Thätigkeiten und Dinge, welche die Kultur tragen oder aus ihr hervorgehen, zusammen gruppiert werden können. Die Vernunft ist aber von allen die Grundlage, und gleich ihr sind sie Allgemeingut der Menschheit." Thatsächlich besitzen alle Menschen eine Sprache, und es war, wie Ratzel hervorhebt, ein Irrtum, wenn man früher glaubte, daß die einfacher gebauten Sprachen den niederen, die reichsten den höchststehenden Völkern zugehören. Während das echteste Naturvolk der Buschmänner ein fein gebaute, reiche Sprache spricht, in deren Entwickelung ein unendlicher Betrag geistiger Arbeit aufzuwenden war, finden wir die nach entwickelungstheoretischen Ansichten einfachste Sprache, die flexionslose chinesische mit ihren 450 wie Steine eines Geduldspieles aneinander zu setzenden und wieder aufzulösenden und dabei immer unverändert, eigentlich unorganisch bleibenden Wurzelwörtern, bei demjenigen Volke, das die höchste und dauerndste Kultur Asiens entwickelt hat. Auch die Qualität des Wortschatzes kann nicht als zuverlässiger Maßstab für den Kulturbesitz geltend gemacht werden. „Ist die Sprache eines Volkes" — so schreibt Ratzel — „ein Maßstab seiner Kulturhöhe, so darf doch nur mit Vorsicht aus der Entwickelung jener auf diese geschlossen werden, denn die Sprache ist nur eine Aeuße-

rung unter vielen. Und am wenigsten sollte die sprachliche Behandlung bestimmter Begriffe zu solchem Maßstabe gemacht werden. Zählen und Rechnen sind sicherlich sehr wichtige Dinge, von deren richtiger Ausbildung ein großer Teil der geistigen und damit der Kulturentwickelung der Völker abhängig ist. Aber doch muß angesichts der angeblichen Unfähigkeit vieler Naturvölker, umfassendere Zahlbegriffe als 3 oder 5 zu realisieren, einer Unfähigkeit, welche besonders oft den Australiern vorgeworfen wurde, ganz allgemein darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Unzulänglichkeit eines Werkzeuges nicht eine entsprechende Unfähigkeit der dasselbe in Bewegung setzenden Hand voraussetzen läßt. Hier wiederholt man uns beständig: die Sprachen dieser Völker enthalten keine Zahlwörter über 3, also zählen diese Völker nicht höher als 3. Bleek hat mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß dieser Schluß ganz ebensoviel oder ebensowenig berechtigt sein würde wie der Schluß, daß die französischen Zahlwörter dix-sept oder quatre-vingt die Unfähigkeit der Franzosen anzeigen, über 10 und 7 oder 4 und 10 hinaus zu zählen. Uns selbst fehlt ein besonderes Wort für 10 000, wie es die griechische, für 100 000 (Lak) und 10 000 000 (Kror), wie sie indische Sprachen besitzen. Die Nubier, welche nur bis 20 in ihrer Sprache zählen, gebrauchen für die höheren Zahlbegriffe arabische Wörter, aber 100 nennen sie wieder mit dem nubischen Worte imil. Genau dasselbe gilt von den Farbenbezeichnungen, deren Armut bei vielen Naturvölkern und Völkern des Altertumes man unbedenklich auf entsprechende Armut der Empfindung zurückführte. Man ging hier von der unbewiesenen Thatsache aus, daß der Ausdruck genau der Empfindung, sagen wir also in diesem Falle die Zahl der Farbenbezeichnungen genau der Zahl der verschiedenen Farbenabstufungen entspreche, welche hinter der Netzhaut zur Reproduktion, zum Bewußtsein, gelangen. So falsch die Voraussetzung ist, welche hier vom Wesen der Sprache gemacht ist, so lehrreich ist für die Erkenntnis des wahren Wesens der Sprache die Einsicht, wie gerade in den Farbenbezeichnungen manche übrigens rohe Naturvölker einen ganz ungewöhnlichen Reichtum aufweisen. Dieser Reichtum hat aber die gleiche Ursache wie jene Armut, beide entspringen der Unreife. Es laufen eben die Worte noch so mangelhaft präcisiert innerhalb gewisser Grenzen durcheinander, daß zwar öfters derselbe Name für verschiedene Farben vorkommt, indessen noch viel häufiger die verschiedensten Namen auf die nämliche Farbe angewendet werden. Es ist dies also ein Reichtum der Verworrenheit, von dem man am wenigsten behaupten dürfte, daß er ein Zeichen hoher Entwickelung sei. Alfred Kirchhoff schrieb nach einer Prüfung einiger Queensland-Australier: „Von den Hottentotten behauptet man, sie hätten 32 Ausdrücke für Farben; dann werden sie von diesen Queensland-Australiern reichlich um das Doppelte übertroffen, denn nach mehrmals wiederholten, mehrstündigen Prüfungen ergab der Katalog ihrer Farbennamen an die 70 Nummern.“ Aber indem er diese Fülle der Wörter in ihre Elemente zerlegt, sind es eben auch nur Wörter, die er findet. Für eine und dieselbe Farbe bekommt man nicht selten mehr als ein Dutzend Ausdrücke genannt; letztere wiederholen sich aber doch fast immer innerhalb gewisser, deutlich zu bezeichnender Gruppen von Farben. Gewiß ist die Thatsache solcher Ueberfülle von Namen nur ein Beweis, daß diese Völker in ihrer täglichen Beschäftigung noch wenig Anlaß zur Festigung ihrer Farbennomenklatur fanden. Auf die Art der Entstehung des übergroßen Reichtumes an Bezeichnungen für einen Gegenstand, hier also für eine Farbe, wirft aber die Thatsache ein Licht, daß die großen Viehzüchter unter den afrikanischen Negern, jene Herero, Dinka und Genossen, welche die Viehzucht mit Leidenschaft betreiben, die größt denkbare Auswahl von Wörtern für die Braunen, Isabellfarbenen, Weißen, Schecken rc. in ihren Heerden besitzen. Bei den Samojeden hat man elf bis zwölf Bezeichnungen für die verschiedenen Grau und Braun der Rentiere aufzeichnen können. Der Herero macht sich kein Gewissen daraus, die Farbe der Wiese und des Himmels mit demselben Worte zu benennen, aber er würde es als einen großen Beweis geistiger Unfähigkeit betrachten, wenn jemand die leichten Abstufungen des Brauns verschiedener Kühe in ein Wort zusammenfaßte. Aehnlich ist die nautische Terminologie der Malayen und Polynesier hoch entwickelt. Hart daneben besteht aber die durch Trägheit

bedingte größte Sterilität der Sprache. Nicht bloß die Naturvölker begnügen sich mit Einem Worte für verschiedene Farben, die sie nicht näher interessieren, sondern auch auf höheren Stufen kommt diese Unfruchtbarkeit in der Sprachbildung zur Geltung. Der mitteldeutsche Bauer faßt häufig auch violett unter braun, und der Japaner nennt blau und grün in der Regel unterschiedlos ao. Fühlt sich aber letzterer veranlaßt, genauer zu reden, so nennt er blau aï, grün majengi. Das Bedürfnis entscheidet über den Sprachreichtum. Für die civilisiertesten unter den heutigen Völkern Europas hat man die Regel aufgestellt, daß ihre durchschnittlich gebildeten Männer nur einen kleinen Teil der Wörter wirklich gebrauchen, welche in dem Wortschatze der von ihnen gesprochenen Sprachen enthalten sind. Die englische Sprache erhebt den Anspruch, 100 000 Wörter zu besitzen, ein englischer Feldarbeiter kommt jedoch in der Regel mit 300 aus. Wo höher civilisierte Völker mit niedriger stehenden zusammentreffen, wird der letzteren Sprache leicht der Verarmung anheimfallen, weil sie eine Menge von Wörtern aus jener herübernimmt. Dann läßt aber ihre Verarmung keinen Schluß zu auf die Kulturhöhe des betreffenden Volkes, sondern kann nur als geschichtliche Thatsache im Leben dieser Sprache aufgefaßt werden. Ein gutes Beispiel ist das stark mit Arabisch versetzte Nubische, dessen ursprünglicher Begriffsreichtum nach Lepsius sehr beschränkt ist. Für Sonne, Mond und Sterne haben die Nubier zwar besondere Wörter, aber die Zeitbezeichnungen Jahr, Monat, Tag, Stunde entlehnen sie aus dem Arabischen; Wasser, Meer, Fluß ist ihnen alles essi; doch ist es auffallend, daß sie den Nil durch ein besonderes Wort, Tossi, bezeichnen. Für alle einheimischen zahmen und wilden Tiere haben sie eigene Wörter, arabische für alles, was Hausbau und sogar Schiffahrt betrifft. Für Dattelfrucht und Dattelbaum, die im Arabischen verschieden bezeichnet werden, haben sie nur ein Wort. Bezeichnend ist es, daß sie den Sontbaum durch dasselbe Wort bezeichnen wie den Baum überhaupt: g'ôni. Geist, Gott, Sklave, die Verwandtschaftsbegriffe, die Teile des Körpers, die Waffen, die Feldfrüchte, und was zur Brotbereitung gehört, haben nubische Namen; dagegen Diener, Freund, Feind, Tempel, beten, glauben, lesen sind arabisch. Auffallenderweise haben sie für Schrift und Buch besondere Wörter, aber nicht für Griffel, Tinte, Papier, Buchstabe. Die Metalle benennen sie alle arabisch, mit Ausnahme des Eisens. „Reich sind sie auf berberisch, arm auf arabisch.“ Wie sehr gerade Sprachmischungen wie die eben angeführte dazu dienen können, Sprachen zu bereichern und vor allem zweckmäßiger zu machen, lehrt wohl am besten unter den europäischen Sprachen das Englische, welches ziemlich ebenso viele Wörter germanischer als romanischer Abstammung umschließt. Man denke an die Neupflanzungen und Aufpfropfungen, die im Garten jeder afrikanischen, polynesischen, amerikanischen Sprache vorgenommen werden mußten, um den Missionaren auch nur die Verdolmetschung der einfachsten biblischen Geschichte und der Grundschriften des Christentums möglich zu machen.“

Wenn wir hier beifügen, daß sich die Wissenschaft, diese höchste Stufe aller geistigen Kultur, in geradezu verschwenderischem Maße der Fremdwörter bedient und sich solche aus fremden Sprachelementen eigens konstruiert, so geschieht dies nur, um zu zeigen, daß auch die Sprachen der höchststehenden Kulturvölker Symptome der Spracharmut aufweisen, die ganz gewiß nicht als Kulturarmut gedeutet werden dürfen.

Auch Religion findet man bei allen Völkern, so daß das Vorhandensein oder der Mangel einer solchen schlechterdings nicht als Unterscheidungsmerkmal zwischen Natur- und Kulturvölkern benutzt werden kann; viel eher könnte man sagen, daß bei den höchsten Kulturvölkern und zwar gerade in den vorgeschrittensten Schichten derselben das, was man im engeren Sinne Religion zu nennen pflegt, mehr und mehr in erweiterten Anschauungen aufzugehen beginnt. Was die politischen und wirtschaftlichen Einrichtungen anbelangt, so sind, wie Ratzel bemerkt, in dem, was wir Naturvölker nennen, offenbar sehr große Unterschiede des Kulturbesitzes zu bemerken, woraus wir schließen müssen, daß wir nicht nur die Anfänge, sondern auch einen sehr großen Teil der Fortentwickelung der Kultur innerhalb dieses mannigfaltig gearteten Komplexes der Naturvölker zu suchen haben, und es ist ebenso sicher, daß jene Unterschiede weniger auf die abweichende Begabung als auf große Ver-

schiedenheit der Bedingungen zurückzuführen sind, unter welchen jene Naturvölker sich entwickeln. Unbefangenen Beobachtern ist oft angesichts der Dinge selbst mehr die Uebereinstimmung als der Unterschied entgegengetreten.

„Was sind also die Naturvölker?“ fragt Ratzel am Schlusse seiner Betrachtungen und beantwortet diese Frage folgendermaßen: „Nach Rassenzugehörigkeit so verschieden wie möglich, bilden sie keine Völkergruppe im anatomisch-anthropologischen Sinne. Da sie an den höchsten Kulturgütern der Menschheit in Sprache und teilweise Religion, Sitten, Erfindungen teilnehmen, kann man ihnen nicht als genealogischer, anthropogenetischer Gruppe ihre Stelle an dem Grunde des Stammbaumes der Menschheit anweisen und darf ihren Zustand keineswegs als Urzustand oder Kindheitszustand auffassen. Viktor von Strauß hat sehr treffend den tieferen Sinn dieses Wortes vom „Kindheitszustande der Menschheit“ beleuchtet, welchen diejenigen am wenigsten innehaben, die das Wort selber am häufigsten im Munde führen: Man spricht so gern vom Kindheitszustande der ältesten Menschheit. Gut, man ist dazu berechtigt. Aber dabei bedenke man auch, daß ein Kind in den ersten Jahren seines Lebens eine größere Entwickelung durchmacht als in den ganzen späteren achtzig Jahren, daß ein Kind, zumal ein geniales, alle Dinge rascher, lebhafter und unbefangener auffaßt und innerlich verarbeitet als ein Erwachsener, und man vergesse nicht, daß jene früheren Menschen mit diesen und anderen Vorzügen der Kindheit dennoch zu Männern und Greisen anschauend, sinnend, überlegend und denkend heranreiften. Es ist ein Unterschied zwischen der Unreife des Kindes und der geringen Gereiftheit des aus Beschränktheit seiner Lebensverhältnisse in manchen Beziehungen stehen gebliebenen Erwachsenen. Was wir Naturvölker nennen, steht diesem letzteren nahe, jenem fern. Wir nennen sie kulturarme Völker, weil innere und äußere Verhältnisse sie gehindert haben, so dauernde Entwickelungen auf dem Gebiete der Kultur zu vollenden, wie sie Kennzeichen der wahren Kulturvölker und Bürgen des Kulturfortschrittes sind. Doch würden wir nicht wagen, sie kulturlos zu nennen, da die Mittel zum Aufschwunge auf höhere Stufen, die primitiven Kulturmittel: Sprache, Feuer, Waffen und Geräte, keinem von allen fehlen, und da gerade der Besitz dieser Mittel und vieler anderer, unter denen hier nur Haustiere und Kulturpflanzen genannt sein mögen, zahlreiche und mannigfaltige Berührungen mit echten Kulturvölkern bezeugt. Der Ursachen aber, warum sie diese Gaben nicht nützten, giebt es mancherlei. Geistige Minderbegabung pflegt in erster Linie genannt zu werden. Dies ist bequem, aber mindestens nicht billig. Innerhalb der heutigen Naturvölker ist jedenfalls eine große Verschiedenheit der Begabung vorhanden. Doch darf man es gelten lassen, daß im Laufe der Kulturentwickelung höher begabte Völker mehr und mehr sich der Kulturmittel bemächtigt und ihrem eigenen Fortschritte Stetigkeit und Sicherheit angeeignet haben, während minder begabte zurückblieben. Aber die äußeren Verhältnisse sind hinsichtlich ihrer hemmenden oder fördernden Einwirkung deutlicher zu erkennen und abzuschätzen, und es ist gerechter und logischer, sie zuerst zu nennen. Wir begreifen, warum die Wohnplätze der Naturvölker hauptsächlich in den kalten und heißen Gegenden, auf abgelegenen Inseln, in abgeschlossenen Gebirgen, in armen, wüstenhaften Ländern gefunden werden. Wir verstehen ihre Zurückgebliebenheit in Erdteilen, welche für die Entwickelung des Ackerbaues und der Viehzucht so wenig Mittel darboten wie Australien, die Nordpolarländer und Teile von Amerika. In der Unzuverlässigkeit ihrer unvollkommen entwickelten Hilfsquellen sehen wir eine Kette, die ihnen schwer am Fuße hängt und ihre Bewegungen in einen engen Raum bannt. Ihre geringe Zahl folgt daraus, und aus dieser wieder ergibt sich die geringe Gesamtmasse ihrer geistigen und körperlichen Leistungen, die Seltenheit hervorragender Menschen, die Abwesenheit des heilsamen Druckes, welcher auf Thätigkeit und Vorsicht des Einzelnen von den ihn umgebenden Massen ausgeübt wird und der auch mit wirksam ist in der Schichtung der Gesellschaft in Stände und der Beförderung der auf dieser Stufe so heilsamen Arbeitsteilung. Teilweise folgt aus jener Unzuverlässigkeit der Hilfsmittel auch die geringe Stetigkeit der Naturvölker, der Zug von Nomadismus, der sie alle durchdringt, auch wenn emsiger Ackerbau sie an die Scholle zu fesseln scheint, anderen-

teils ihnen aber auch die ganze Unvollkommenheit ihrer politischen und wirtschaftlichen Einrichtungen erleichtert, die alle, so wie sie selbst keine Gewähr der Dauer haben, der ganzen Lebensweise dieser Völker keine Stetigkeit zu verleihen im stande sind. So entsteht trotz der oft reichlich zugemessenen und wohlgepflegten Kulturmittel ein zusammenhangloses, zersplittertes, zerklüftetes, kräftevergeudendes, unfruchtbares Leben, ein Dasein ohne starken verbindenden Faden, mit ungewisser Zukunft, weil ohne gewisse Vergangenheit. Jedes Geschlecht fängt von unten an, weil der Schatz der Erfahrungen seiner Vorfahren mit diesen fast ganz versiegt. Heute weiß nichts von Gestern, und Morgen lernt nicht von Heute. Es ist ein Leben ohne inneren Zusammenhang und darum auch ohne sicheres Wachstum, es ist nicht das Leben, in dem die Kulturkeime sich herausbildeten, die wir schon im Beginne dessen, was wir Geschichte nennen, in mehrfacher Zahl so herrlich aufgegangen finden, es ist vielmehr voll von Kulturabfällen und unklaren Erinnerungen aus Kulturkreisen, die teilweise wohl weit hinter dem Anfange unserer Geschichte liegen. Wer über die Entstehung der Kultur nachdenken will, möge sich mit besonderer Vorsicht hüten, die Vorkulturvölker mit unseren heutigen Naturvölkern zu verwechseln. Sollen wir zum Schlusse kurz zusammenfassend bezeichnen, wie wir die Stellung dieser Völker zu denen auffassen, welchen wir angehören, so sagen wir: Kulturlich bilden diese Völker eine Schicht unter uns, während sie nach natürlicher Bildung und Anlage zum Teile, soweit sich erkennen läßt, uns gleichstehen. Aber diese Schichtung ist nicht so zu verstehen, daß sie die nächst niederen Entwickelungsstufen unter uns bildet, durch welche wir selbst hindurchgehen mußten, sondern so, daß sie ebensowohl aus stehen gebliebenen als aus zur Seite gedrängten und rückgeschrittenen Elementen besteht."

Als zuverlässigsten Maßstab zur Beurteilung der Kulturfähigkeit und Kulturfortschritte des Menschen sieht man vielfach die Sprache an. Durch die menschliche Kulturarbeit werden neue Gegenstände geschaffen, die in der Natur nicht vorkommen und für deren Bezeichnung die Sprache neue Namen schaffen muß. Es ist klar, daß die auf solche Weise erfolgte Sprachbereicherung das Eigentum derjenigen menschlichen Gesellschaft ist, die die betreffenden Kulturgegenstände ersonnen und hervorgebracht hat. Je mannigfaltiger nun die Kultur eines Volkes sich gestaltet, desto reicher wird auch ihr Sprachschatz, in dem gewissermaßen die Summe ihrer Kulturleistung niedergelegt ist. Nehmen mit der Zeit andere Völkerschaften solche Kulturerrungenschaften auf, so übernehmen sie in den meisten Fällen auch diejenigen Bezeichnungen, die die Sprache der schöpferischen Nation dafür geschaffen hat; bilden sich im weiteren Verlaufe der Völkerentwickelung aus einem Volksstamme verschiedene Zweige, so werden diese zunächst den angestammten Sprachenschatz mit übernehmen und dann gesondert weiter ausbilden. Es werden aber immer gewisse Sprachwurzeln in der neuentstandenen Sprache enthalten bleiben, die auf den ursprünglichen Zusammenhang der betreffenden Völker hinweisen.

Die Sprachwissenschaft hat in neuerer Zeit gerade in dieser Richtung großartige Fortschritte gemacht und ist dadurch zur Wegweiserin für die Anthropologen, d. h. für diejenigen Forscher geworden, die sich das Studium der Naturgeschichte des Menschen, des Zusammenhanges zwischen den Völkern der Vergangenheit und Gegenwart und ihrer Kultur zur Aufgabe machen. Immerhin darf die Bedeutung der Sprache für die Völkerforschung nicht übermäßig hoch angeschlagen und nicht ausschließlich in dem auf Sprachverwandtschaft beruhenden Nachweise der Völkerverwandtschaft gesucht werden. Die Sprachmittel, die Laute ebenso wie die sie begleitenden Gebärden, sind, wie Ratzel bemerkt, über die ganze Erde hin einander sehr ähnlich, und nicht sehr weit geht der innere Aufbau der Sprachen auseinander. Man kann sagen, die menschliche Sprache ist eine an der Wurzel, welche sie tief in die Seele des Menschen treibt; doch ist sie in viele, sehr verschiedene Aeste und Zweige auseinander gegangen. Zahllose Sprachen, die in jedem Grade von einander abweichen: Dialekte, Schwester- oder Tochtersprachen, selbständige Sprachstämme, erfüllen mit wechselnden Tönen die Hütten und Haine der Menschen. Einige Völker können sich untereinander noch annähernd verständigen, einige, die einander nicht so nahe stehen, zeigen

dennoch bei oberflächlicher Betrachtung Aehnlichkeit, bei anderen liegen die Aehnlichkeiten tiefer, so daß nur die Wissenschaft bis zu ihnen vordringt. Eine große Zahl endlich von Sprachen ist anscheinend völlig verschieden, nicht bloß in Wörtern, sondern in der Struktur, den Beziehungen, die sie ausdrücken, den Redeteilen, die sie unterscheiden. Dabei gehen diese Unterschiede keineswegs Hand in Hand mit geistigen Verschiedenheiten der Sprecher; Individuen von jeder Abart der Begabung gebrauchen denselben Dialekt, und Seelen derselben Begabung und Richtung können sich nicht verständigen. Auch mit geographischen Verschiedenheiten stimmt sie nicht und oft auch nicht mit Rassenunterschieden. Oft walten größere Rassenunterschiede unter den Sprechern einer Sprache als unter denen, welche die weitest von einander entlegenen Sprachen gebrauchen. Um wieviel steht nicht der englisch redende Neger dem sprachverwandten Engländer ferner, als der Chinese dem sprachlich tief verschiedenen Mikronesier! Die Sprache wird immer in erster Linie als das hervorragendste Werkzeug, als die Vorbedingung aller anderen Kulturschätze der Menschheit erscheinen, als das Mittel zu ihrem Erwerbe und ihrer Mehrung. Sie kann das erste und wichtigste, ja das entscheidende aller Werkzeuge genannt werden, die der Mensch sich bereitet. Sie ist aber ebendarum so veränderlich wie ein Werkzeug, und ein Wort kann im Laufe der Jahrhunderte sehr verschiedene Bedeutung annehmen, ganz verschwinden, durch andere, eigens ersonnene oder einer anderen Sprache entnommene ersetzt werden. Sie wird abgelegt wie ein Werkzeug und wieder aufgenommen. Nicht bloß Einzelne verlieren ihre Muttersprache, sondern ganze Völker legen ihre Sprache ab und nehmen eine andere an, wie man ein Kleid an- und ablegt. Es giebt gewisse Kulturerrungenschaften, welche dauerhafter sind als die Sprache, etwa die Kenntnis der Viehzucht, die, einmal erworben, weniger leicht in Verlust zu geraten scheint als die Muttersprache. „Die Verbreitung und Vermischung der Völker geht ihren Weg und die der Sprachen, wenn auch stets durch diesen bedingt, den ihrigen, oft gänzlich verschiedenen. Die Sprachen sind das individuellste Erzeugnis der Völker und ihr unmittelbarster geistiger Ausdruck, aber sie lösen sich häufig von ihren Erzeugern los, überziehen große fremde Völker und Rassen oder sterben ab, während ihre früheren Träger, ganz andere Sprachen sprechend, fortleben.“

Im Häckel-Müllerschen Stammbaum der Menschenrassen haben wir die Verwertung sprachwissenschaftlicher Erkenntnis im Verein mit einer rein naturwissenschaftlichen Hypothese zur Konstruktion eines anthropologischen Rassenschemas in den allgemeinsten Zügen bereits kennen gelernt. Weit reichhaltiger gestaltet sich natürlich das Schema, wenn zu seinem Aufbau diejenigen Sprachzweige mit hinzugezogen werden, die sich innerhalb der Kulturvölker in geschichtlicher Zeit aus den Hauptstämmen entwickelt haben. Da tritt die reiche Gliederung der mittelländischen Rasse in den Vordergrund. Wir sehen dieselbe zunächst in zwei große Gruppen sprachverwandtschaftlicher Natur zerfallen, von denen eine, die semitische, früher in der Geschichte hervortritt, aber zu weit geringerer Entwickelung gelangt ist als die andere, die arische. Die semitischen Völker, denen auch die Aegypter beigezählt werden müssen, obgleich sie sich eigentlich als ein Mischvolk darstellen, zerfallen in die beiden Hauptgruppen der Süd- und Nord-Semiten. Als Süd-Semiten sind die Araber und deren Abkömmlinge, die Aethiopier in Ost-Afrika zu nennen. Die Nord-Semiten teilen sich wieder in die beiden Gruppen der West- und Ost-Semiten: zu ersteren zählen die Aramäer in einem Teile Klein-Asiens, in Syrien und dem westlichen Mesopotamien, dann die Kanaaniter und Phöniker in ganz Kanaan und an der Mittelmeerküste, wohin erstere nach der Einwanderung der Hebräer zurückgedrängt wurden. Als Ost-Semiten sind zu nennen die Chaldäer in Babylonien und Assyrien und die Hebräer, die aus dem Lande östlich des Tigris in Palästina eingewandert sind.

Von der großen Gruppe der Arier ist ein Teil über die asiatische Heimat nicht hinausgekommen, während der andere Europa bevölkert hat. Die ersteren werden als Ost-Arier, die letzteren als West-Arier bezeichnet; beide Gruppen zusammen nennt man auch, um ihre geographische Verbreitung zu bezeichnen, Indo-Europäer. Die Ost-Arier gliedern sich in die drei Stammesgruppen der Iranier, Inder und Armenier. Als

Zweige der Iranier sind zu nennen das Zendvolk, das als Urstammvolk der ganzen Gruppe oder wenigstens als der diesem Urstammvolke am nächsten stehende Zweig zu betrachten ist und dem die Baktrer, Meder und Perser entsprossen sind. Ferner die Skythen, bezw. diejenigen arischen Stämme, die unter diesem Namen in der Geschichte auftreten, nämlich die Skoloten und die Sarmaten; endlich die Afghanen als Mittelglied zwischen den Iraniern und den Indern, welch letztere einen besonderen ost-arischen Stamm darstellen. Zu den Ost-Ariern zählt man auch noch die Armenier, die nebst einigen anderen vorderasiatischen Stämmen, namentlich den Lykiern in Klein-Asien, ein Mittelglied zwischen Ost- und West-Ariern darstellen.

Die West-Arier zerfallen in die Völkerstämme der Griechen, Italiener (die auch als Gräco-Romanen zusammengefaßt werden), Kelten (ursprünglich als Wandervolk über weit auseinander gelegene Gebiete zerstreut, hauptsächlich aber im westlichen Europa — in Britannien, Irland, Belgien, Gallien und Spanien — ansässig und als Keltiberer — ein Mischvolk von Kelten und Iberern — in den Hochebenen des mittleren Spaniens niedergelassen), Thrako-Illyrer (mit Griechen, Kelten und Phönikern vermischt), Letto-Slaven (später in Litauer und Slaven getrennt, welch letztere sich wieder vielfach mit den zur mongolischen Rasse gehörigen Finnen vermischten), endlich der Germanen.

Die mongolische Rasse setzt sich zusammen aus den mongolisch-tatarischen Völkern, die wieder in die eigentlichen Mongolen und die finnischen Völker zerfallen (zu letzteren zählen die Magyaren, Osmanen und Basken des südlichen, und die Lappen, Esthen und Liven des nördlichen Europa, ferner werden auch die geschichtlichen, jetzt längst verschwundenen oder in anderen Völkern aufgegangenen Stämme der Hunnen, Avaren, Chazaren, Kumanen und Petschenegen als finnische Stämme betrachtet); ferner aus den Indochinesen und Malayochinesen mit einsilbiger Sprache, den Japanern mit mehrsilbiger Sprache, den nordasiatischen Völkern, die den Uebergang zu den Eskimos Nordamerikas bilden und den amerikanischen Völkern, von denen angenommen wird, daß sie vom Norden her, wo sie — wohl als Einwanderer aus Asien — zuerst aufgetreten zu sein scheinen, über den ganzen Kontinent sich verbreiteten.

Die übrigen Rassen, wie sie der Häckel-Müllersche, von Peschel reduzierte Stammbaum aufzählt, stehen außerhalb der Kulturmenschheit, und ihre weitere Zergliederung — die sich bei den Negern sehr umständlich gestaltet — ist für den Laien ohne Interesse. Erwähnt sei nur, daß alle Menschenrassen einsprachig (monoglott) sind, d. h. daß Rasse und Sprache sich decken, mit Ausnahme der Mittelländer und Neger, die vielsprachig (polyglott) sind. Bezüglich der Arktiker und Nubier ist die Frage, ob sie als Monoglottonen oder Polyglottonen zu gelten haben, noch unentschieden.

Die ungefähre Stärke der einzelnen Menschenrassen geht aus der nachfolgenden, nach Häckel bearbeiteten Zusammenstellung hervor, die zugleich den gegenwärtigen Stand ihrer Lebensfähigkeit angiebt:

I. In der Rückbildung und im Aussterben begriffene Rassen:

1.	Papua	etwa	2 Millionen	—
2.	Hottentotten	„	—	50 Tausend
3.	Amerikaner	„	12 Millionen	—
4.	Australier	„	—	85 Tausend

II. Auf ungefähr gleicher Höhe sich erhaltende Rassen:

5.	Malayen	etwa	30 Millionen	—
6.	Arktiker	„	—	40 Tausend
7.	Dravida	„	34 Millionen	—
8.	Nubier	„	10 Millionen	—

III. Im Wachsen begriffene Rassen:

9.	Kaffern	etwa	20 Millionen	—
10.	Neger	„	130 „	—

11. Mongolen	etwa 550	Millionen	—
12. Mittelländer	„ 550	„	—
Hierzu kommen noch die Mischlinge der verschiedenen Rassen, die in allen Weltteilen, besonders aber in Amerika und Asien in größeren Massen zu finden sind, mit	„ 21	„	—
	Zusammen rund 1360	Millionen.	

Von der Annahme eines einheitlichen Ursprunges des Menschengeschlechtes ausgehend, können wir uns die Verbreitung desselben selbstverständlich nur durch das Mittel der Wanderung vorstellen. Daß diese Vorstellung den Thatsachen entspricht, kann wohl kaum von irgend einem Standpunkte aus angefochten werden, denn daß Wanderungen in der Pflanzen- und Tierwelt in früheren Zeitaltern stattgefunden haben und heute noch stattfinden, ist einwandsfrei durch mannigfaltige Thatsachen bewiesen, und ausgedehnte Wanderzüge von Völkern sind geschichtlich festgestellt. Selbst im Falle der Annahme einer polyphyletischen Entstehung des Menschengeschlechtes ließe sich bei der Weitläufigkeit der von den verschiedenen Menschenarten bewohnten Gebiete deren Verbreitung — und ebenso die mannigfache Vermischung der Rassen untereinander — nur durch ausgedehnte Wanderungen erklären. Moriz Wagner hat die sogenannte Migrations- (Wanderungs-) Theorie aufgestellt, nach welcher die Verbreitung der Organismen überhaupt nur durch Wanderung und die mit dieser verbundene Isolierung zu stande kommen kann, weil sonst eine natürliche Zuchtwahl nicht denkbar wäre. Kleine Veränderungen der Organisation, die auf dem Wege der Anpassung erworben, durch Vererbung auf die Nachkommen übertragen und in diesen durch fortgesetzte Anpassung weiter entwickelt werden, treten zunächst in der Tier- und Pflanzenwelt nur bei einzelnen oder wenigen Individuen auf, so daß diese der am gleichen Orte hausenden Stammform gegenüber nur eine verschwindend kleine Minderheit bilden; die Kreuzung mit Individuen der vorhandenen Stammform würde daher in so hohem Maße überwiegen, daß für die Entwickelung der verbesserten Form nur sehr wenig Spielraum bliebe, deren Erdrückung durch Atavismus (Rückfall) vielmehr die größte Wahrscheinlichkeit für sich hätte. Nur das mit Isolierung verbundene Auswandern der beginnenden Varietäten (das möglicherweise mit der Anpassungs-Variation im unmittelbaren Zusammenhang von Ursache und Wirkung stehen kann) und die dadurch geförderte örtliche Ausbreitungsfähigkeit der Varietät sichert deren Erhaltung und zieht zugleich den rascheren Untergang der verbrauchten Form nach sich, der dadurch die Gelegenheit zu der für die Entwickelung der Varietät verderblichen Kreuzung und zugleich die zur erblichen Erwerbung der angepaßten (oder anpassungsfähigen) Eigenschaften derselben entzogen wird. Wagners Migrationstheorie gipfelt in folgenden drei Sätzen:

1. Je größer die Summe der Veränderungen in den bisherigen Lebensbedingungen ist, welche auswandernde Individuen bei Einwanderung in einem neuen Gebiete finden, desto intensiver muß die jedem Organismus innewohnende Variabilität sich äußern. 2. Je weniger diese gesteigerte individuelle Veränderlichkeit der Organismen im ruhigen Fortbildungs-Prozeß durch die Vermischung zahlreicher nachrückender Einwanderer der gleichen Art gestört wird, desto häufiger wird der Natur durch Summierung und Vererbung der neuen Merkmale die Bildung einer neuen Varietät (Abart oder Rasse), d. i. einer beginnenden Art, gelingen. 3. Je vorteilhafter für die Abart die in den einzelnen Organen erlittenen Veränderungen sind, je besser letztere den umgebenden Verhältnissen sich anpassen und je länger die ungestörte Züchtung einer beginnenden Varietät von Kolonisten in einem neuen Territorium ohne Mischung mit nachrückenden Einwanderern derselben Art fortdauert, desto häufiger wird aus der Abart eine neue Art entstehen.

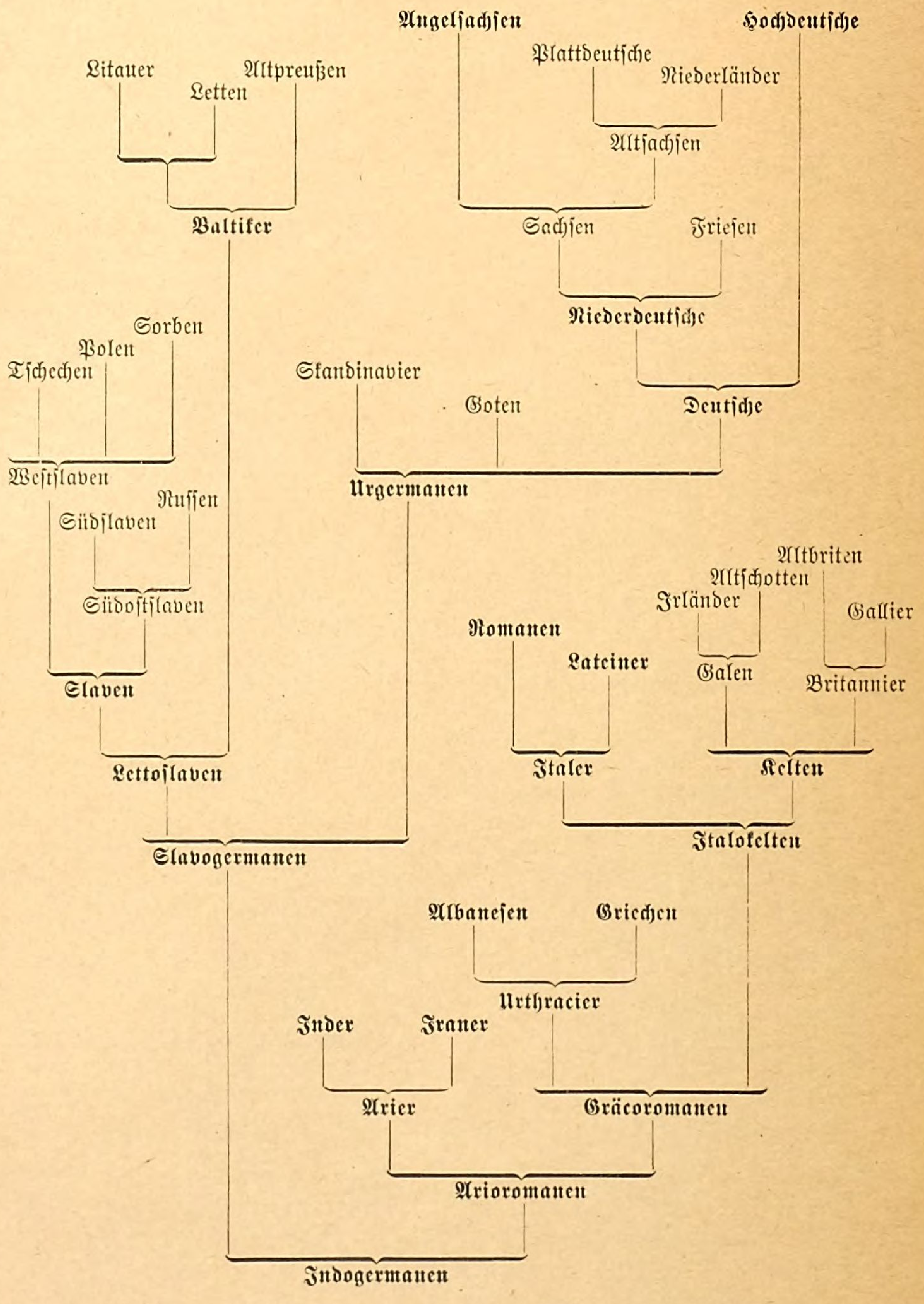
Wenn auch die weiter oben erwähnte Ansicht des geistvollen und durch reiche Selbsterfahrung ausgezeichneten Reisenden, wonach Wanderung und Isolierung unerläßliche Vor-

bedingungen für die Entstehung neuer Arten sein sollen, bestenfalls nur für die Arten mit getrennten Geschlechtern und auch für diese keineswegs als allgemeine Regel Geltung beanspruchen kann, so ist es doch sicher, daß die Wanderung der Organismen und ihre Isolierung an den neuen Wohnstätten günstig und vorteilhaft für die Entstehung neuer Arten ist, und daß auch die Bildung und mannigfaltige Ausgestaltung der Menschenrassen vorwiegend unter der Einwirkung dieser beiden Faktoren zu stande gekommen sind. Durch die Wanderung änderten sich die Lebensbedingungen und boten neue Motive zur Anpassung; die Isolation aber wurde nicht allein durch die Trennung der Auswanderer von den Zurückbleibenden und durch das Auseinandergehen der Wanderungsrichtungen, sondern auch dadurch bewirkt, daß sich die allmählich sich bildenden Völker zunächst gegen andere abschlossen, wodurch die Beständigkeit ihrer Art mit Einschluß der in derselben fortgepflanzten Anpassungsfähigkeiten befestigt wurde. Durch Eroberungszüge, Massenverschleppung von Gefangenen, Begründung von Ansiedelungen u. s. w. traten allerdings mannigfache Vermischungen von Angehörigen verschiedener Rassen und Völker, ja sogar das völlige Aufgehen ganzer Völkerschaften in anderen oder die Neubildung von solchen aus den Ueberresten anderer ein; allein auch innerhalb solcher Neubildungen trat die Isolation wirksam in Gestalt der Bildung herrschender Stämme auf, die sich im Laufe der Zeit zu herrschenden Klassen umgestalteten und in denen sich, ihren besseren Lebensbedingungen entsprechend, die vorzüglichsten Eigenschaften des Gesamtvolkes erhielten und weiter entwickelten. Auch bei den höchststehenden Kulturvölkern der Gegenwart hat sich diese Isolation erhalten und zwar nicht nur als Scheidewand zwischen den verschiedenen Nationalitäten, sondern auch als trennendes Moment innerhalb der Nation selbst, als Klassengliederung. Damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, daß diese Isolation unter allen Umständen den herrschenden Klassen und ihrer Entwickelungsfähigkeit zu gute kommt; dieselben Ursachen, die ganzen Kulturvölkern Verweichlichung, Entartung, Verfall und Untergang gebracht haben, kommen unter gleichen Umständen auch hier zur Geltung und machen das Eingreifen auffrischender Elemente notwendig, ohne das notwendig der unaufhaltsame Ruin eintreten müßte.

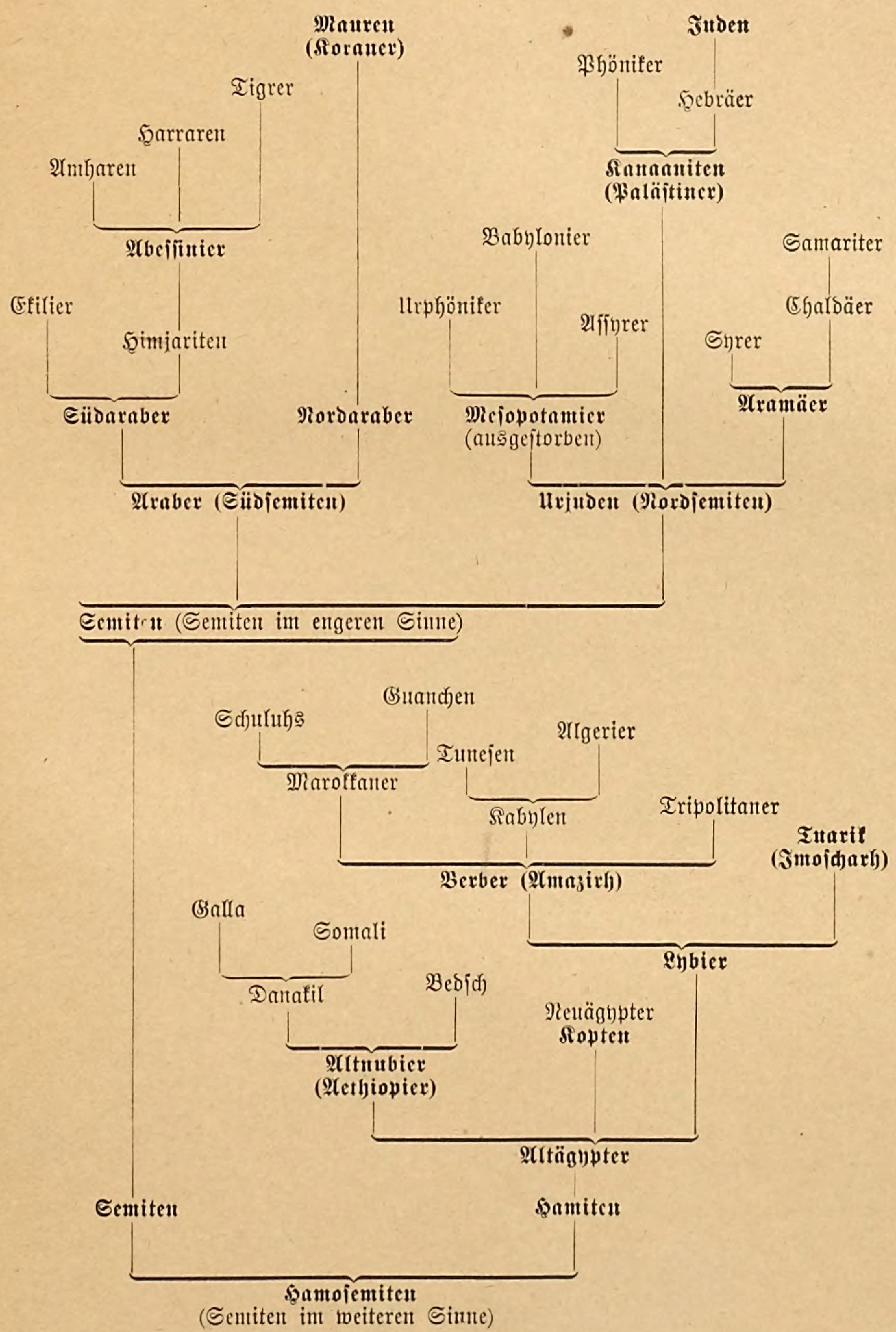
Daß das Menschengeschlecht schon sehr bald nach seiner Entstehung, d. h. nach der Entwickelung des Urmenschen aus dem sprachlosen Affenmenschen, ja, nach der Ansicht mancher Gelehrter sogar schon vor der Erreichung dieser Entwickelungsstufe dem Wanderdrange gefolgt ist, geht aus der Thatsache der schon in ihren Wurzeln auseinandergehenden Sprachentwickelung hervor. Wie schon erwähnt, war auch eine gründliche Isolation der Urstämme die selbstverständliche und unmittelbare Folge dieser Wanderungen. Häckel entwirft das im Nachstehenden vorgeführte Bild von dem Verlaufe der großartigen Wanderzüge, welche zur Verbreitung der Menschheit über den ganzen Erdball geführt haben, fügt aber hinzu, daß seiner Darstellung nur der ganz provisorische Wert eines Versuches beizumessen sei, dessen ausschließlicher Zweck nur der sein könne, eine ungefähre Vorstellung von der Ausstrahlung der Menschenarten (oder Rassen) von einer gemeinsamen Urheimat aus zu bieten. Wir wissen bereits, daß diese Urheimat im südwestlichen Asien angenommen wird. Hier würden sich also zunächst aus dem sprachlosen Affenmenschen — wahrscheinlich durch natürliche Züchtung — verschiedene uns unbekannte, jetzt längst ausgestorbene Menschenarten entwickelt haben. Zwei von diesen Species, eine wollhaarige und eine schlichthaarige Art, welche am stärksten divergierten und daher im Kampfe ums Dasein über die anderen den Sieg davon trugen, wurden vielleicht die Stammformen der übrigen Menschenarten.

Der Hauptzweig der wollhaarigen Menschen (Ulotriches) breitete sich zunächst bloß auf der südlichen Erdhälfte aus, und wanderte hier teils nach Osten, teils nach Westen. Ueberreste des östlichen Zweiges sind die Papuas in Neuguinea und Melanesien, welche früher viel weiter westlich (in Hinterindien und Sundanesien) verbreitet waren, und erst später durch die Malayen nach Osten gedrängt wurden. Wenig veränderte Ueberreste des westlichen Zweiges sind die Akkalen und Hottentotten, welche in ihre jetzige Heimat

Stammbaum der indogermanischen Rasse.



Stammbaum der semitischen Rasse.



von Nordosten aus eingewandert sind. Vielleicht während dieser Wanderung zweigten sich von ihnen die Neger (Kaffern und Sudanier) ab. Wahrscheinlich sind aber diese Eriocomen aus einem anderen Zweige des Ulotrichen-Stammes hervorgegangen.

Der zweite und entwickelungsfähigere Hauptzweig der Urmenschen-Art, die schlichthaarigen Menschen (Lissotriches), haben uns vielleicht einen wenig veränderten Rest ihrer gemeinsamen Stammform in den affenähnlichen Weddas und Australiern hinterlassen. Andere Ueberreste desselben sind möglicherweise die Todas und einige andere Bergstämme der Dravida-Art. Diesen letzteren sehr nahe standen vielleicht die südasiatischen Urmalayen oder Promalayen, die ausgestorbene hypothetische Stammform der straffhaarigen Menschenarten. Aus dieser unbekannten gemeinsamen Stammform scheinen sich als zwei divergierende Zweige die eigentlichen Malayen und die Mongolen entwickelt zu haben. Die ersteren breiteten sich nach Osten, die letzteren nach Norden hin aus.

Die Urheimat der Malayen ist im südöstlichen Teile des asiatischen Festlandes zu suchen, oder vielleicht in einem ausgedehnteren Kontinent, der früher bestand, als noch Hinterindien mit dem Sunda-Archipel oder selbst mit Vorder-Indien unmittelbar zusammenhing. Von da aus breiteten sich die Malayen nach Südosten über den Sunda-Archipel bis Buro hin aus, streiften dann, die Papuas vor sich hertreibend, nach Osten zu den Samoa- und Tonga-Inseln hin und zerstreuten sich endlich von hier aus nach und nach über die ganze Inselwelt des südlichen pacifischen Oceans, bis nach den Sandwich-Inseln im Norden, den Mangareven im Osten und Neuseeland im Süden. Ein einzelner Zweig, weit nach Westen verschlagen, bevölkerte Madagaskar.

Der zweite Hauptzweig der Urmalayen, die Mongolen, breitete sich zunächst ebenfalls in Südasien aus und bevölkerte allmählich von da aus nach Osten, Norden und Nordwesten ausstrahlend, den größten Teil des asiatischen Festlandes. Von den vier Hauptrassen der mongolischen Species sind wahrscheinlich die Indochinesen als die Stammgruppe zu betrachten, aus der sich erst später als divergierende Zweige die übrigen Rassen, Koreo-Japaner und Ural-Altajer entwickelten. Aus dem Westen Asiens wanderten die Mongolen vielfach nach Europa hinüber, wo noch jetzt die Finnen und Lappen im nördlichen Rußland und Skandinavien, sowie ein Teil der Magyaren in Ungarn und der Osmanen in der Türkei die mongolische Species vertreten.

Andererseits wanderte aus dem nordöstlichen Asien, welches vormals vermutlich durch eine breite Landbrücke mit Nordamerika zusammenhing, ein Zweig der Mongolen in diesen Erdteil hinüber. Als ein Ast dieses Zweiges, welcher durch Anpassung an die ungünstigen Existenzbedingungen des Polarklimas eigentümlich rückgebildet wurde, sind die Arktiker oder Polarmenschen zu betrachten, die Hyperboräer im nordöstlichen Asien, die Eskimos im nördlichsten Amerika. Die Hauptmasse der mongolischen Einwanderer aber wanderte nach Süden, und breitete sich allmählich über ganz Amerika aus, zunächst über das nördliche, später über das südliche Amerika.

Der vierte und wichtigste Hauptzweig der Menschengattung, der Stamm der Lockenvölker oder Euplocamen, erreichte in der mittelländischen Species die höchste Ausbildungsstufe. Der Urstamm derselben wanderte von der Urheimat*) aus nach Westen und bevölkerte die Küstenländer des Mittelmeeres, das südwestliche Asien, Nordafrika und Europa. Als eine Abzweigung der semitischen Urvölker im nordöstlichen Afrika sind möglicherweise

*) Häckel glaubt — allerdings mit Vorbehalt — Hindostan beziehungsweise ein Gebiet am südlichen Abhange des Himalaya als solche annehmen zu sollen; dagegen stimmen die Geschichtsschreiber so ziemlich in der Annahme überein, daß die Urheimat des arischen Stammes nördlich des Himalaya, also auf innerasiatischem Boden, etwa in Tibet, zu suchen sei. Die Abzweigung der semitischen von den arischen Völkern verlegt Häckel (in seiner hypothetischen Skizze des monophyletischen Ursprunges und der Verbreitung der Menschenrassen von Südasien aus über die Erde) in die nächste Nähe der von ihm angenommenen Urheimat aller Euplocamen, und zwar an einen Punkt, der dem heutigen Persien entspricht.

die Nubier zu betrachten, welche weit durch Mittelafrika hindurch bis fast zu dessen Westküste hinüberwanderten. Die divergierenden Zweige der indogermanischen Rasse haben sich am weitesten von der gemeinsamen Stammform des Affenmenschen entfernt. Von den beiden Hauptzweigen dieser Rasse hat im klassischen Altertum und im Mittelalter der romanische Zweig (die gräco-italo-keltische Gruppe), in der Gegenwart aber der germanische Zweig im Wettlaufe der Kulturentwickelung die anderen Zweige überflügelt. Die germanische Rasse im nordwestlichen Europa und in Nord-Amerika ist es, welche jetzt vor allen anderen ihr Kulturnetz um den ganzen Erdball spannt.

Für die beiden Hauptrassen der Lockenhaarigen, die Indogermanen oder Arier und die Semiten, hat Häckel die auf S. 690 und 691 wiedergegebenen Stammbäume aufgestellt.

Kein anderes lebendes Wesen der Erde hat sich in so ausgedehntem Maße über alle Zonen des Erdballes verbreitet und den verschiedensten klimatischen Lebensbedingungen sich anzupassen vermocht, wie der Mensch. M. Hörnes schreibt darüber in seiner „Urgeschichte des Menschen“:

„Es besteht unter den Ethnographen nur eine Meinung darüber, daß die Eingeborenen Amerikas, höchstens mit Ausnahme der Eskimos, einer einzigen Rasse angehören. Diese Rasse hat es verstanden, im Laufe ungezählter Jahrhunderte allen klimatischen Gegensätzen sich anzupassen, die auf den beiden Hemisphären vom nördlichen Polarkreis bis zum Aequator und wieder bis zum 50. Grad südlicher Breite, wo ein Volk von nackten Fischern neben den bis ans Meer hinabreichenden Geschlechtern des Feuerlandes haust, zu finden sind.

Eine nicht minder erstaunliche Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Klimate besitzen die Turkvölker. Einer ihrer Zweige, die Jakuten, wohnt an der Lena in Sibirien, und seine Söhne sind so abgehärtet, daß sie bei 40° C. unter Null bloß mit Hemd und Pelz bekleidet plaudernd im Freien auszuharren vermögen. Zu gleicher Zeit finden wir einen anderen Turkstamm, die Osmanen, im südlichen Aegypten und im glühend heißen Massauah am Roten Meere, wo sie bis zu den jüngsten Besitzveränderungen die Herrschaft des Sultans und des Vice-Königs von Aegypten aufrecht erhalten haben. Auch die Wohnsitze der Chinesen erstrecken sich fast vom Aequator (Singapore) bis zur Grenze Sibiriens, wo die mittlere Jahrestemperatur unter dem Eispunkt liegt und die Quecksilbersäule im Winter bis auf —50° C. herabsinkt“.

Der Mensch hat sich also, wie Hörnes weiter ausführt, mit Hilfe der ihm innewohnenden besonderen Kräfte über die ganze Erde ausgebreitet. Während jedes andere Tier (mit Ausnahme derjenigen, welche den Menschen begleiten) nur in festbegrenzten Verbreitungsbezirken wohnt und auswandert oder erlischt, wenn ihm die Bedingungen seines instinktiven Daseins an dieser Stelle entzogen werden, finden wir den obersten der Primaten überall zu Hause, obwohl die Natur nur an wenigen gesegneten Punkten des Erdballs freiwillig alles gewährt, was er zum Leben braucht. Aber auf den ersten Blick, den wir um den Erdglobus schweifen lassen, erkennen wir, daß der Mensch durch sein Ansässigwerden an den verschiedensten Punkten des Planeten sehr verschiedene Lose aus der Urne des Schicksals gezogen hat. Auch in dem irdischen Vaterhause der Menschheit sind — um an ein bekanntes Bibelwort anzuknüpfen — viele Wohnungen, und sie sind sehr ungleich ausgestattet.

„In der Lage, Gestalt und Oberflächenbildung der Kontinente ist die Geschichte ihrer Bewohner vorgezeichnet. In diesen scheinbar stummen und starren Trägern der Menschen und ihrer Geschicke lebt eine Seele, welche, hold oder feindselig, Dieses gewährt und Jenes verweigert, welche hier eine Menschengruppe festhält auf der untersten Kulturstufe, dort eine andere zu Macht und Glanz emporträgt. Individuelles Glück hat sie nicht zu verteilen, dieses kann unter ihrer Ungunst gedeihen wie unter ihrer Gunst. Aber über den Aufschwung oder das Darniederliegen der Massen, über die Herrschaft der Einen und die Knechtschaft der Anderen entscheidet sie mit souveräner Gewalt. Darum liefert neben der

Anthropologie die Geographie die Naturgrundlagen der Geschichte. Der Bau der Erdoberfläche und die von ihm abhängigen Verschiedenheiten der Klimate beherrschen den Entwickelungsgang unseres Geschlechtes, „so daß“, wie Peschel schreibt, „der Anblick der Erdgemälde uns dahin führt, in der Verteilung von Wasser und Land, von Ebenen und Höhen eine von Anfang an gegebene oder, wenn man will, beabsichtigte Wendung der menschlichen Geschicke zu durchschauen“. Natürlich ist die Beschaffenheit des Volkes, an welchem sich der kulturgeschichtliche Prozeß vollzieht, nicht gleichgiltig, sondern durch seine Eigenart wird die Bodenwirkung bedingt. Die Menschheit gleicht nie einer Wassermasse, welche mechanisch, dem Gesetz der Schwere folgend, zu Thale fließt, sich über Ebenen ausbreitet, Anhöhen als Grenzen erkennt, Dämme unterwühlt und weiterflutet, bis ihr irgendwo wieder ein Ziel gesetzt ist. Schon die Verschiedenheit der Ursachen, aus welchen Wanderungen unternommen werden — Vertreibung durch ein feindliches Volk, Unzufriedenheit mit den Gesetzen des Landes, Uebervölkerung, Teuerung, Landplagen aller Art, Beutelust und Eroberungssucht — lehrt, daß die Sinnesart der Menschen dabei in Betracht kommt, und diese wird sich auch in dem neuen Orte bethätigen, wohin die entfesselte „Völkerwoge“ geschleudert wird. Auch die verschiedenen Richtungen, in welchen Völkerwanderungen vor sich gehen, werden ebensowohl von geographischen, als von anthropologischen Umständen bestimmt. Man weiß, daß diese Wanderungen entweder der Sonne folgen, also unter den gleichen Breitengraden verharren, oder daß sie nach einem wärmeren Klima streben, also gegen den Aequator gerichtet sind. Manche Länderräume erscheinen geeignet, Wanderungen auszusenden, andere, solche anzuziehen, wieder andere laden zur Rast oder zum Beharren. Gewisse Bodenbildungen, Thäler, Küstenstriche, Wüstenränder haben die Eigenschaft, Völkerzüge zu leiten; eigentliche Schranken, welche der Wanderlust als dauernde Hemmnisse entgegentreten, giebt es kaum, namentlich nicht in der Urzeit, als die neuen Gebiete noch menschenleer waren und kein älterer Bewohner sich dem Eindringling feindselig in den Weg stellte.

Die Wanderungen führen nicht nur zu räumlichen, sondern auch zu geistigen Scheidungen der Völker. Sie sind Völkerschulen, in welchen die Anspannung aller Kräfte gefordert, bereits erworbene Fähigkeiten geübt und neue erlernt werden. Nicht nur das Ziel, sondern auch der Weg und die unterwegs erworbene Erfahrung trägt zur Entscheidung über das historische Schicksal einer Menschengruppe bei. Das Endziel erwartet die Ankömmlinge, und es besiegelt das Verhängnis, welches diese teilweise schon mitgebracht haben.

Als Beispiel einer Völkerheimat, die zur Ruhe weist, kann uns Aegypten dienen, und Hellas liefert das Beispiel einer solchen, die ihre Bewohner als Herrscher und kühne Unternehmer auf ferne Bahnen hinausführt. „Die Geschichte eines Volkes,“ sagt Ernst Curtius, „ist nicht als ein Produkt der natürlichen Beschaffenheit seiner Wohnsitze zu betrachten.“ Aber es sei doch leicht zu erkennen, daß so eigentümlich ausgeprägte Bodenformen, wie sie das Becken des Archipelagus und den Lauf des Nils einschließen, der Entwickelung der Menschengeschichte besondere Richtungen zu geben im stande sind. Hellas ist nicht nur ein abgeschlossenes, wohlverwahrtes Gebiet, sondern auch wieder dem Verkehr offener, als irgend ein Land der Alten Welt. Von drei Seiten her dringt die See in alle Teile der Halbinsel ein, und ihr milder, menschenfreundlicher Charakter lehrte die Bewohner mit vollem Vertrauen sich ihr hingeben, auf und mit ihr leben.

Ganz anders im Nillande. Hier bietet der königliche Strom, der Schöpfer und Schirmherr des Nahrungsbodens, den Anwohnern alljährlich die gleichen Vorteile. Jahrhunderte vergehen ohne wesentliche Aenderung der hergebrachten Lebensverhältnisse. „Es erfolgen Umwälzungen, aber keine Entwickelungen, und mumienartig eingesargt stockt im Thale des Nils die Kultur der Aegypter; sie zählen die einförmigen Pendelschläge der Zeit, aber die Zeit hat für sie keinen Inhalt; sie haben Chronologie, aber keine Geschichte im vollen Sinne des Wortes. Solche Zustände der Erstarrung duldet der Wellenschlag des Aegäischen Meeres nicht, der, wenn einmal Verkehr und geistiges Leben erwacht ist, dasselbe ohne Stillstand immer weiter führt und entwickelt“ (Curtius).

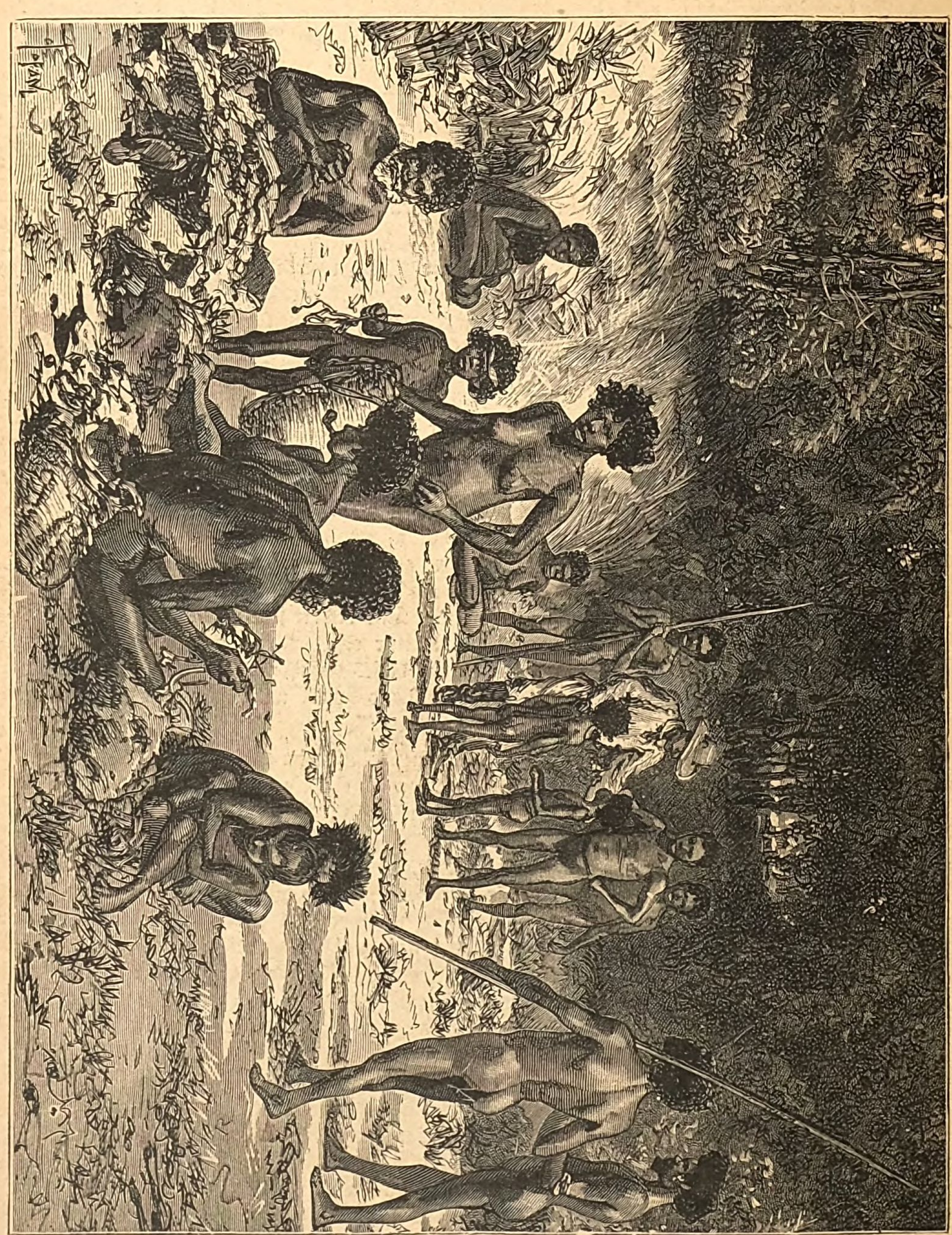
Länder, die dem Nilthale in dieser Hinsicht gleichen, sind das Euphrat- und Tigrisgebiet, die Tiefländer der ostindischen Ströme, das nördliche und das mittlere China, das Plateau von Mexiko, dann, in kleinerem Umfange, die Tiefländer des Po, der thrakischen Flüsse, der Garonne und der Loire. Mit Hellas vergleichbar ist zunächst der ganze Kontinent Europas, namentlich seine westlichen Gebiete, dann England, in gewissem Sinne auch Skandinavien, der malayische Archipel und Japan.

Höhere Kultur wird zuerst erreicht in Ländern mit mildem Klima, fruchtbarem, wegsamem Boden und mit einer Ausdehnung, welche dem Zusammenleben vieler Menschen unter den gleichen Existenzbedingungen keine Schwierigkeiten bereitet. Das beweist die frühe Entwickelung der Civilisation in China, Indien, Mesopotamien, Aegypten, Mexiko und Peru.

Der feste Zusammenschluß großer Gruppen gleichen Stammes, gleicher Sprache, gleicher Sitten und Gebräuche bildet die Grundlage der Staatenbildung und diese wieder die Grundlage aller höheren Kultur. Die vorhandenen natürlichen Lebensbedingungen, vor allem Klima und Bodenbeschaffenheit, müssen aber darnach beschaffen sein, daß der Mensch nicht einen allzu großen Teil seiner körperlichen und geistigen Kräfte an die Gewinnung des unbedingt nötigen Lebensunterhaltes wenden muß, so daß ihm Zeit und Kraft genug übrig bleibt, um auch für andere Dinge sorgen, seiner Kunstfertigkeit und Intelligenz höhere Ziele vorstecken zu können. Die höchste Kultur werden solche Staatengebilde hervorbringen können, die bei genügender räumlicher Ausdehnung und entsprechender Bevölkerung dieser in möglichst gleichmäßiger Verteilung günstige Lebensbedingungen zu bieten vermögen. Ein solcher Idealstaat existiert aber leider nicht und hat niemals existiert, denn überall und zu allen Zeiten ist mit dem Wachstum der Kultur auch die Ungleichartigkeit in der Verteilung der nationalen Güter gewachsen und hat auf der einen Seite den Luxus, auf der anderen die Verarmung der Massen hervorgerufen. Das ändert jedoch nichts an der Thatsache, daß nur in kräftigen Staaten eine höhere Kultur erstehen und gedeihen kann. Aus diesem Grunde ist auch den Naturvölkern, denen dieses Bindemittel fehlt, ein Kulturaufschwung nicht möglich, wenn ihnen auch noch so viel natürliche Begabung verliehen wäre.

Wir lassen nun einige Vertreter der verschiedenen Rassen im Bilde folgen und beginnen mit einer Gruppe von Australiern (S. 696). Man hat diese Rasse vielfach als geistig sehr niedrig stehend und körperlich verkommen hingestellt; Virchow und Kollmann haben von ihr einen ganz anderen Eindruck gewonnen. Ersterer stellt allerdings den „wilden“ Ausdruck der Gesichter der Männer nicht in Abrede, doch konstatierte er bei einem 16 bis 18 Jahre alten Mädchen, das ihm als Tochter des „Königs von Nordqueensland“ vorgestellt wurde, ein vornehmes Aussehen, das freilich weniger dem prätentierten Stande als dem Gefühl der körperlichen Bevorzugung unter den Genossen, vielleicht auch dem Selbstbewußtsein der Jungfrau zuzuschreiben ist. Ihre Haltung ist, wie Virchow versichert, stets würdig und untadelhaft, ihr Gesichtsausdruck gänzlich frei vom Wiederscheine böser Empfindungen. Ihre Höflichkeit, obwohl keineswegs vertraulich, und ihre Freundlichkeit, die jedoch niemals eine gewisse Grenze überschreitet, sind ungezwungen und natürlich. Ja ihre dunklen, glänzenden Augen haben so viel Gutmütiges und Gefälliges, daß sie den häßlichen Gesichtstypus fast vergessen machen. Zweifellos ist sie auch von unserem Standpunkt aus auf dem Boden ihres Stammes als eine wahre Schönheit anzuerkennen. In Hinsicht der intellektuellen Befähigung spricht Virchow mit voller Sicherheit aus, daß gewiß niemand, der das Thun und Lassen dieser Leute eine Zeitlang beobachtet, zu dem Schlusse kommen wird, sie stünden den Affen näher als uns. Im Gegenteil, trotz ihrer unsympathischen Gesichtsbildung erscheinen sie in jedem Stück als wahre Menschen. Mit Leichtigkeit wissen sie sich in ganz fremden Verhältnissen zurechtzufinden und sich mit ganz fremden Personen zu verständigen und verschiedenes Andere. Es bedarf nicht des Zurückgreifens auf die Erfahrungen in den Schulen für Eingeborene in Australien, um uns zu

überzeugen, daß, wenn dieser Rasse auch die Initiative zu selbständiger Entwickelung versagt geblieben ist, ihr die Fähigkeit zur Reception und Reproduktion doch in hohem Maße



Lager der Australneger.

zukommt. Nichts ist in dieser Beziehung mehr bezeichnend als das Verhalten eines kleinen australischen Knaben, den Virchow beobachtet hat und von dem er sagt, daß er geradezu als ein aufgeweckter und befähigter Bursche bezeichnet werden kann, und nicht mehr

Aehnlichkeit mit einem jungen Gorilla oder Schimpansen zeigt, als irgend ein europäisches Kind gleichen Alters. Kollmann schildert einen Australier folgendermaßen:

„Der Australier ist groß (Körperhöhe 1675 mm), hat elegante Bewegungen, voll Elasticität; die Haltung ist tadellos, der ganze Oberkörper vortrefflich geformt, ebenso Hals, Brust und Arme. Die Muskulatur kräftig, selbst die Beine, welche bei den Australiern sonst durch das Fehlen der Waden meist einen erbärmlichen Eindruck machen, waren in diesem Falle gut entwickelt. Verglichen mit den gleichzeitig in Basel anwesenden Samojeden stand in Beziehung auf körperliche Entwickelung dieser Australier, sofern man die Gesichtsbildung ausnimmt, entschieden über jenen. Auch in geistiger Hinsicht scheint dem Australier ein höherer Rang eingeräumt werden zu müssen. Er hat eine große Menge europäischer Gewohnheiten angenommen, welche auf eine feine Beobachtungsgabe schließen lassen, und in verhältnismäßig kurzer Zeit auf der Fahrt nach Europa englisch gelernt und spricht es sehr gut. Ich möchte, fährt Kollmann fort, die Australier gegen die fast allgemein verbreitete Ansicht besonderer Inferiorität in Schutz nehmen.“

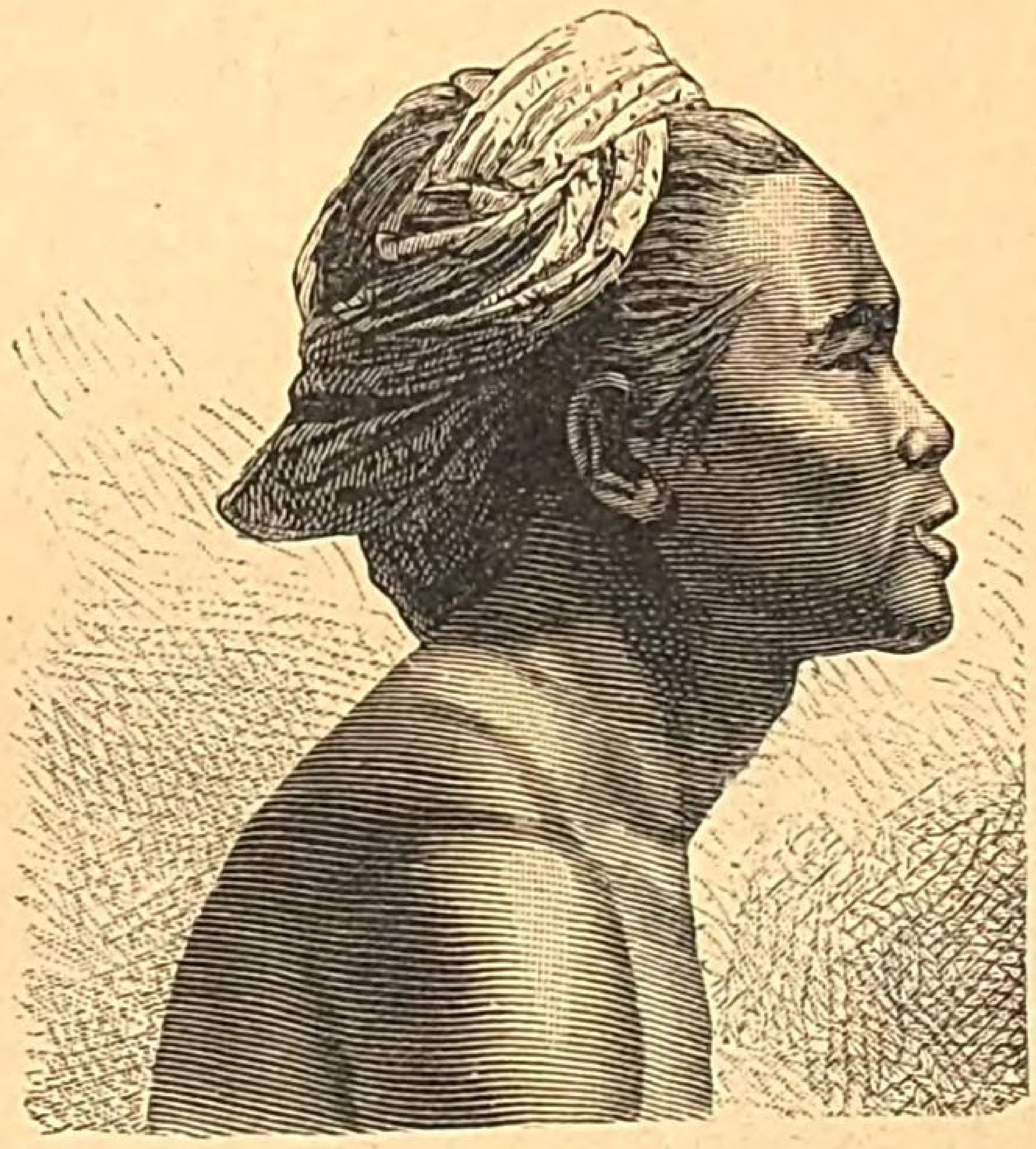


Malayenmädchen
von den Philippinen.

Die Kinder in Missionsschulen, das geht aus den speziellen Prüfungsberichten der Schulinspektoren hervor, kommen den Kindern weißer Eltern in ihren Leistungen nicht nur nahe, sie übertreffen dieselben in einigen Fächern, wie Rechnen und Zeichnen, zuweilen um ein nicht Geringes; allein es fehlt, wie es scheint, später an Stetigkeit. Im Ganzen ist Kollmann überzeugt, daß die günstigen Urteile begründet sind, und daß die geistige Entwickelungsfähigkeit dieser Rasse eine ebenso große ist, wie bei den Samojeden und Indianern.

Das Gesicht der Australier ist kurz, wie von oben nach unten zusammengedrückt, und erscheint in einem sehr bedeutenden Maße niedrig und breit. Die obere Hälfte liegt wie zurückgeschoben unter der weit hervorragenden Stirn, deren starke Augenbrauenbogen schon längst als eine charakteristische Eigenschaft dieser breitgesichtigen Rasse anerkannt sind. Damit stehen im Zusammenhange die tiefe Lage der Augen und das tiefe Einsetzen des Nasenrückens. Die Augen sind dunkel, die Farbe der Bindehaut gelblich, die Wimpern stark und lang, ebenso die Augenbrauen, die Lidspalte horizontal, nicht geschlitzt und von mittlerer Größe. Höchst auffallend ist die Bildung der Nase; sie

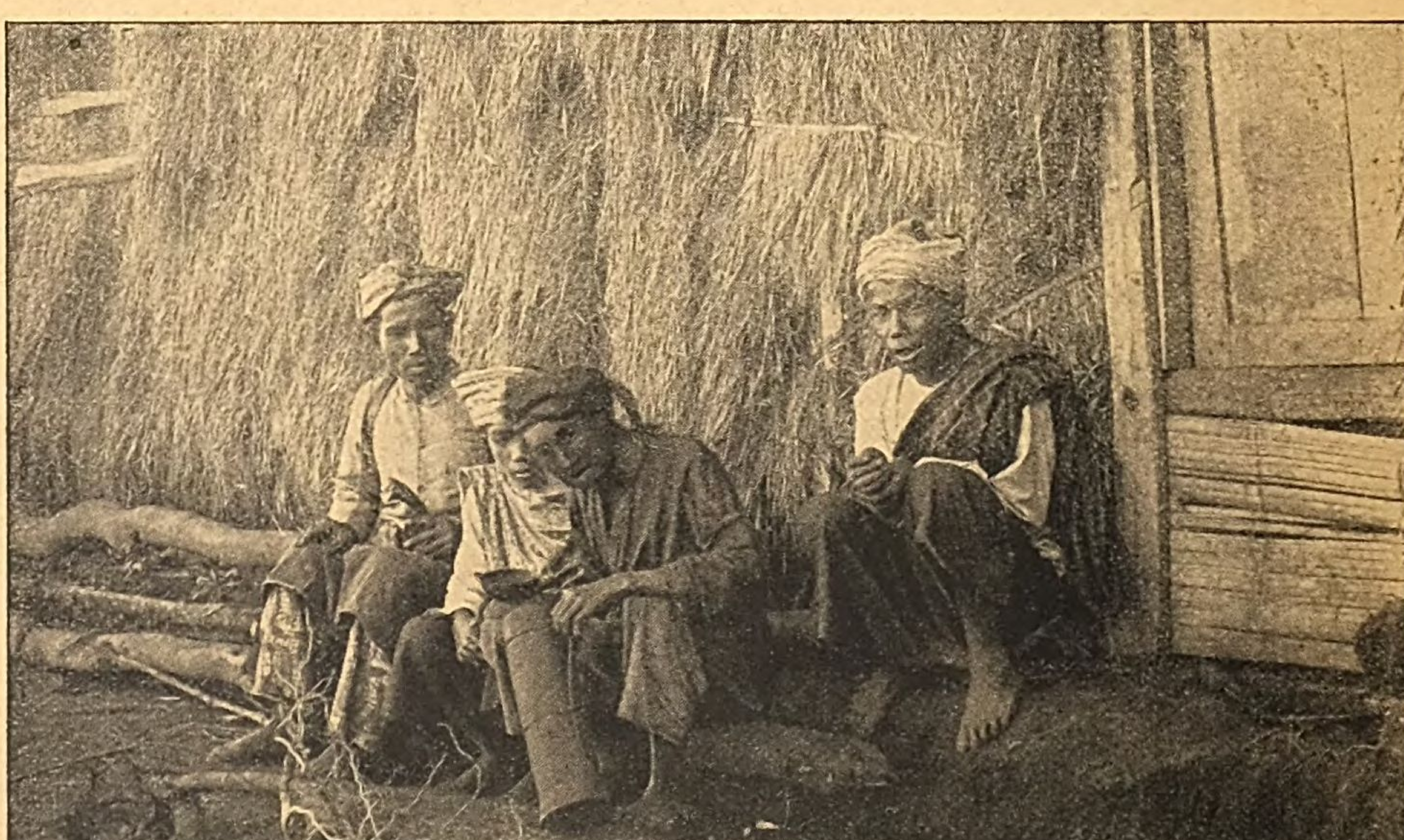
ist kurz und dabei in einem ganz außergewöhnlichen Maße breit, sogar breiter als hoch. An der Wurzel ist sie verhältnismäßig schmal, um sich von der Mitte an schnell zu verbreitern, so daß die Nasenöffnungen nicht senkrecht zur Gesichtslinie, sondern quer liegen.



Malaye von den Philippinen.

Die Nasenflügel und die Nasenscheidewand sind überdies noch bedeutend dicker als bei den anderen Rassen, und so wird dieses Organ für den Australier zum eigentlichen Organ der Häßlichkeit. Die Nase der Neger des centralen Südafrika ist auch breit, kurz und unschön, allein nicht in dem Grade wie jene der Australier. Die dicke Nasenspitze senkt sich etwas nach abwärts, und die Nasenscheidewand weicht unter ihr weit zurück, so daß die Scheidewand von der dicken Spitze ganz überlagert wird. Bei den Australiern ist die Oberlippe zwar auch ziemlich dick, aber doch nicht in solchem Grade wie beim Vollblutneger und überdies noch in anderer Art. Das Kinn ist gerundet, die Wangen haben im Gegensatz zur mongolischen Form eine vorzugsweise seitliche Stellung.

Als Gesamtergebnis der rassen-anatomischen Untersuchung führt Kollmann an: Des Australiers Haut ist dunkel mit überwiegend braunen Nuancen; er ist ausgezeichnet durch glattes, weiches Haar, gute, kräftige Entwickelung des Körpers, mesokephalen Hirnschädel, niedrigen und breiten Gesichtstypus, versehen mit einer Form der Nase, die breiter als lang, dem Gesicht des Lebenden einen typischen Rassencharakter verleiht.



Malayen von Padang-Oberland.
Nach einer Originalphotographie von Alfred Maaß.

Als Vertreter der malayischen Rasse sind auf S. 697 und 698 Eingeborene aus Padang-Oberland auf Sumatra und von den Philippinen dargestellt. Auf den letztgenannten und einigen anderen Inseln des indomalayischen Archipels finden sich auch Reste des hochinteressanten Negrito-Schlages. Virchow schreibt über diese „kleinen Neger“:

„Es war lange eines der schwierigsten Probleme der Anthropologie, daß in den weit abgelegenen Gegenden des Indischen Meeres schwarze, wahrhaft negerartige Stämme vorkommen, welche zerstreut an vielen Stellen gefunden werden, und zwar so, daß man mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen konnte, daß in früherer Zeit eine große Zahl von Inseln, und zwar ganz, von ihnen eingenommen worden sei. Wir kennen diese Schwarzen am längsten und besten von den Philippinen, besonders von Luzon, der nördlichsten derselben, wo sie die centralen Gebiete, namentlich im Norden, noch heute in größerer Ausdehnung bewohnen. Diese wahren Negritos und die Schwarzen von Neu-Guinea, Australien ꝛc., welche wir gegenwärtig im engeren Sinne Melanesier nennen, haben unmittelbar nichts miteinander zu thun; es sind das zwei verschiedene Gruppen. Namentlich das Gebiet der ersteren zeigt sehr wenig Zusammenhang.



Guichua-Indianerfamilie.

Wir finden die durch Kleinheit der Körperformen ausgezeichneten Negritos auch im Bengalischen Meerbusen, wo sie eine kleine Inselgruppe, die Andamanen, ganz und gar bewohnen. In allerneuester Zeit hat nun der Reisende der Virchow-Stiftung, Herr Vaughan Stevens, die schon durch frühere Reisende signalisierten Negritos in Malakka aufgefunden und auch durch Einsendung von Schädeln und Haaren die Möglichkeit genauer anthropologischer Untersuchungen geliefert.“

Virchow fand den ersten der eingesendeten Schädel der Negritos von Malakka hoch- und kurzköpfig und auch sonst wohlgebildet, ganz den Schädeln der Negritos der Philippinen und Andamanen entsprechend. Die Haare bilden schwarze Spiralrollen, welche einen losen Filz von schraubenförmig gedrehten und in ihrer ganzen Länge isolierten Haaren herstellen; die lichte Weite der einzelnen Rollen beträgt bis zu 2 mm. Aehnliche Reste einer Negritobevölkerung finden sich nach manchen Angaben noch weiter nördlich in dem Grenzgebiet zwischen China, Birma und Siam. Auch unter den Leuten „schwarzer Haut“ in Vorderindien finden sich zum Teil Anknüpfungspunkte, obwohl sich die betreffenden dunklen

Stämme Vorderindiens, wie Virchow speziell hervorhebt, dermatologisch der Hautbeschaffenheit nach von der übrigen Gesellschaft unterscheiden. Unter einander stehen sie sich nur teilweise parallel durch die (ihrer Körperkleinheit entsprechende) Kleinheit ihrer Schädel, welche sie darbieten, denn es giebt hier Schädel bis zu 940 ccm herab, also Schädel, welche ihrem Rauminhalt nach schon in die nächste Nähe der Gorilla-Schädel kommen, während die Schwarzen von Australien Schädel von 1200, 1300 und 1400 ccm haben, mit welchen sie sich in jeder Gesellschaft sehen lassen können.


Negerin aus Ruanda,
Ostafrika.

Den eigentlichen mongolischen Typus zeigt uns der Chinese, der auf S. 701 in der Person des Schriftstellers Ting-tun-ling dargestellt ist. Außer den bekannten Rassenmerkmalen, den vorstehenden Backenknochen und dem dünnen Bartwuchs tritt besonders die Schlitzäugigkeit scharf hervor, die nicht durch Schiefstellung des Auges, sondern vielmehr durch die eigentümliche Stellung des Augenlides verursacht wird.

Von den amerikanischen Vertretern der mongolischen Rasse geben wir auf S. 699 die Abbildung einer Guichuaindianer-Familie und (S. 703 u. 704) die eines Indianerpaares vom Rio Verde, von denen namentlich die letztere lebhaft an den rasseverwandten Typus der alten Welt erinnert.

Die Negerrasse vertritt die wohlgeformte Tänzerin aus Ruanda in unserer nebenstehenden Abbildung und die Kaffern-Gesellschaft auf S. 702. Den Kaffern bezeichnet G. Fritsch als eine mechanisch ausgearbeitete Naturform der Menschheit. Der Kaffer ist im allgemeinen größer als der Deutsche. Dabei ist der Körper meist kräftig entwickelt. Zunächst erscheinen die Figuren nicht nur schlank, sondern in der That zu schlank, was hauptsächlich seinen Grund hat in dem steilen, fast senkrechten Abfall der Brustkorbwände und dem geringen Hervortreten der Hüften; die Schultern sind ziemlich breit, aber unschön abstehend, und es fehlt so jene eigentümliche Form des Rumpfes, welche ein Merkmal des kräftig entwickelten Mannes europäischer Rasse ist und die man sich als von einem auf der Spitze stehenden Dreieck umschrieben denken kann.

Wenn Kaffern unter einigermaßen civilisierten Verhältnissen groß gezogen werden, pflegen sich die mehr äußeren Charaktere der Rassen, auch ohne daß Vermischung vorliegt, schon in einer Generation in wichtigen Punkten zu ändern. Es betrifft dies besonders die Muskulatur und allgemeine Körperfülle, welche sich durch regelmäßige Arbeit bei einer ausreichenden, rationellen Nahrung schnell verbessert: die Unterarme und Waden bilden sich stärker aus und können bei bedeutender Uebung die herkulischen Formen in der That erreichen, welche den ganz wilden Stämmen von einzelnen Autoren angedichtet werden. Solche Uebung ist z. B. das Lasttragen durch die Brandung, wie es in Port Elizabeth vorkommt; hier sind denn auch unter den am Orte aufgewachsenen Kaffern athletische Formen nicht selten, doch fehlt auch dann gewöhnlich ein edleres Ebenmaß.

Wir schließen unsere Bilderschau mit der mittelländischen Rasse und veranschaulichen dieselben in zwei Vertretern der Hauptzweige derselben: dem semitischen und dem arischen. Der semitische Typus ist S. 703 in der geschichtlichen Figur Abd-el-Kaders verkörpert, jenes Araber-

scheichs, der den Franzosen in Algier durch 15 Jahre (1832—1847) arg zu schaffen gemacht hat. Der Auvergnat aus Mittelfrankreich (S. 704) zeigt einen Arier von ausgesprochener Kurzköpfigkeit, wie solche auch bei Bretonen und Savoyarden sich häufig findet.

Der mittelländischen Rasse und namentlich dem germanischen und romanischen Zweige derselben ist es vorbehalten geblieben, die Kultur zu ihrer höchsten Entwickelung zu bringen und sich das Uebergewicht über alle anderen Völker des Erdballes zu sichern. Mächtig strebt diesen beiden Völkerstämmen die slavische Welt nach; aber trotz der gewaltigen Ausdehnung des ihr unterworfenen Gebietes hat sie sich nicht zur Weltmachtstellung gleich jenen aufschwingen können, denn Rußland, der Brennpunkt ihrer Kraft, ist kein entwickelungsfähiger Organismus, und die slavischen Völker stehen, als Gesamtmasse betrachtet, tief unter dem Kultur-Niveau der germanischen und romanischen. Diesen bleibt also zunächst die Obmacht in der Kulturwelt gesichert, an deren Ausbau sie durch ihre geistigen und technischen Leistungen auch den bei weitem größten Anteil haben. Ihrem Forscherfleiße, ihrem erfinderischen



Ting-tun-ling, als Chinesen-Typus.

und unternehmenden Geiste ist es gelungen, die Kräfte der Natur zu erkennen, auszunutzen und zu beherrschen, die Mittel und Wege zu finden, durch die der Menschheit die ganze Welt erschlossen, ihrer Kultur die Herrschaft über die Natur zu teil geworden ist. Aber das gilt nicht allein in dem Sinne, daß der Mensch die Kräfte der Natur in seinen Dienst zu stellen und sie in der mannigfaltigsten Weise auszunützen wußte; auch das Naturleben als solches ist durch sein Walten in der einschneidendsten Weise beeinflußt und zum großen Teile umgestaltet worden. So lange der Mensch selbst über den rohen Naturzustand noch nicht hinausgelangt war, unterschied sich sein Verhältnis zu den übrigen Naturwesen, gegen die er den Kampf ums Dasein zu führen hatte, wenig oder gar nicht von demjenigen anderer Omnivoren („Allesesser", d. h. solcher Tiere, die ihre Nahrung sowohl dem Pflanzen- als auch dem Tierreiche entnehmen, wie z. B. die Schweine und die Affen). Auch der Besitz und die Handhabung grober Waffen, wie er sie in der älteren Steinzeit anzufertigen verstand, konnte hierin nichts ändern, da sie ihm nur als ein Notbehelf, ein Verstärkungs- und Ersatzmittel der von der Natur ihm in unzulänglichem Maße verliehenen Angriffs- und Verteidigungsmittel dienten.

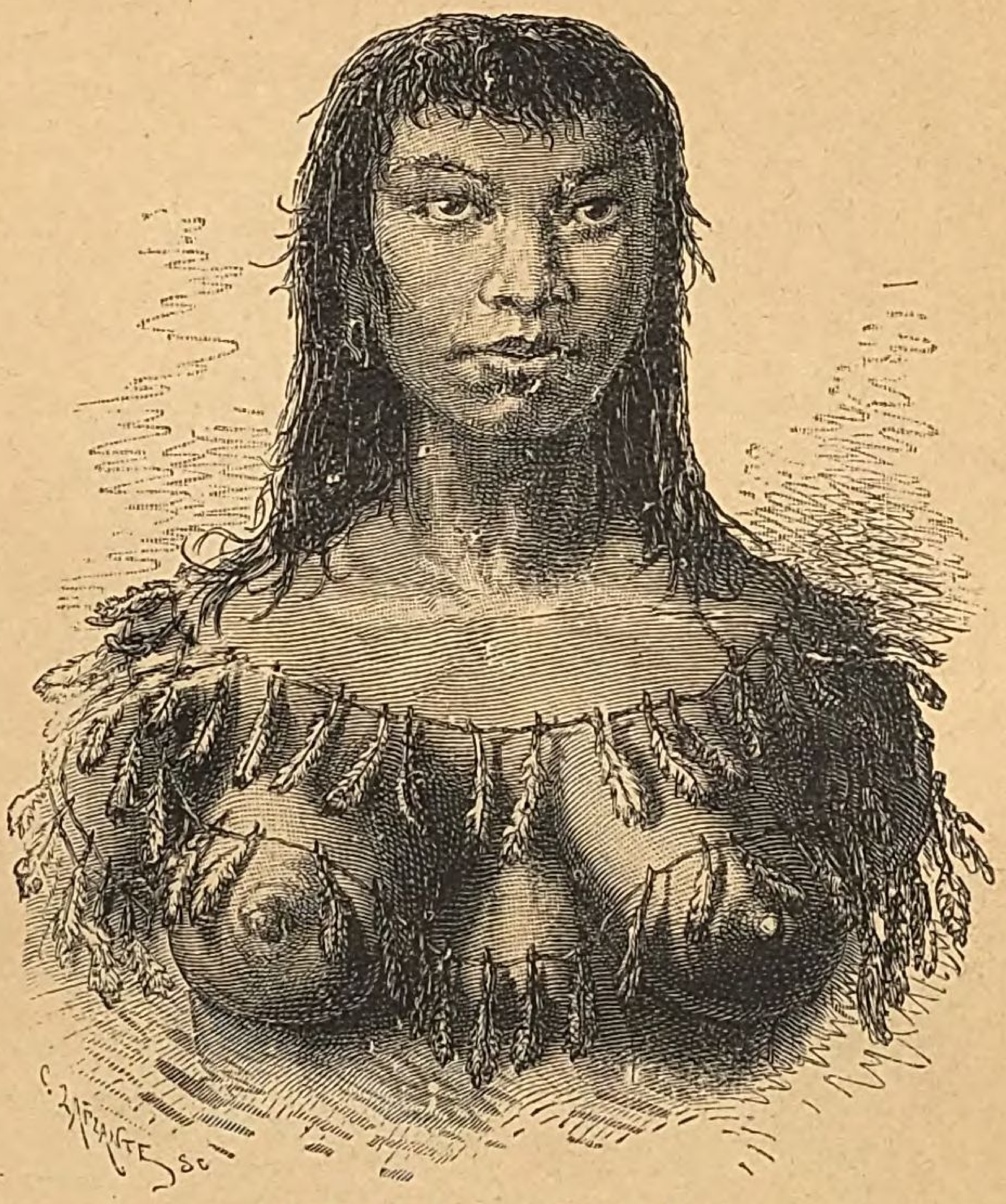
Ganz anders gestalteten sich die Dinge, als aus dem Fischer und Jäger jenes Zeitalters in der jüngeren Steinzeit ein Tierzüchter und Ackerbauer geworden war. Dadurch wurde eine beträchtliche Vermehrung der für seine Zwecke bestimmten Pflanzen- und Tierarten veranlaßt, da er dieselben gegen die Angriffe anderer Tiere und die Folgen der unzureichenden Lebensbedingungen schützte, unter denen sie sonst zu leiden gehabt hätten. Rind und Schaf, Hund und Schwein wurden als Haustiere überall da verbreitet, wo der Mensch selbst seine Wohnstätten aufschlug; die Feldfrüchte nahmen wildwachsenden Pflanzen den Boden weg, den sie bis dahin bedeckt und ausgenutzt hatten; diese wurden als „Schmarotzer" behandelt und nach Kräften unterdrückt und vernichtet, jene aber gehegt und gepflegt und



Kaffern.

dadurch nicht nur vermehrt, sondern auch veredelt. Als Beispiele von der Verbreitung von Tieren durch den Menschen in bis dahin ihnen fremden Gegenden führt C. Grottewitz in einem Artikel der „Neuen Welt", dem wir im Nachstehenden folgen, die Katze an, die, obgleich sie bereits von den alten Aegyptern als heilig gehegt wurde, doch erst zur Zeit der Kreuzzüge in Europa eingeführt und von hier einige Jahrhunderte später durch die Spanier nach Amerika, noch später durch die Engländer auch nach Australien gebracht wurde. Die Strauße werden erst seit Anfang unseres Jahrhunderts in Afrika gezüchtet, wo sie bis dahin wild gelebt hatten; noch später nahmen sich auch die Amerikaner in Kalifornien des großen, kostbare Federn liefernden Vogels an. Obwohl nun die Straußenzucht nur eine lokale Bedeutung hat, so trägt sie doch gerade ungeheuer dazu bei, den ansehnlichsten und merkwürdigsten aller Vögel, der sicher in Kürze dem Aussterben verfallen würde, zu erhalten, ja ihn zu verbreiten und in Tausenden von Exemplaren zu vermehren.

Noch viel bedeutsamer, als die Begünstigung gewisser Tiere und Pflanzen durch die wirtschaftlichen Interessen des Menschen, ist die Erzielung der künstlichen Rassenbildung, die, wie wir wissen, der Ausgangspunkt einer ganz neuen wissenschaftlichen Weltanschauung, der Entwickelungslehre Darwins geworden ist. Zur Zeit sind die wichtigsten und selbst unwichtige Haustiere, wie die Taube, in vielen, oft Hunderten von Rassen oder Varietäten vorhanden. Unter der züchtenden Hand des Menschen sind also Tausende neuer Formen entstanden. Und mitunter ist der Erfolg staunenswert. Windhund, Däckel und Mops oder Kropftaube, Mövchentaube und Pfauentaube scheinen nicht Tiere derselben Art, nicht einmal derselben Gattung zu sein.



Indianerin von Rio Verde.

Durch Forst-, Jagd- und Fischereigesetze wird auf die Erhaltung nützlicher und die Vernichtung schädlicher Arten hingearbeitet, durch öffentliche Belehrung das Volk und die Jugend zur Mitwirkung an dieser Art indirekten Daseinskampfes angeeifert. Die drastische Mahnung einer ziemlich verbreiteten Gartenzeitung: „Wer einen Marienkäfer tötet, rettet Tausenden von Blattläusen das



Abd-el-Kader, als Araber-Typus.



Indianer vom Rio Verde.

Leben", mag manchen Gartenbesitzer, der früher den Käfer blindlings wie alles „Gewürm", vernichtet hat, dazu bestimmt haben, den treuen Freund in der Bekämpfung der schrecklichen Blattlausplage sorgsam zu schonen. In Gärten findet man jetzt häufiger wie sonst Nistkästen für insektenvertilgende Vögel, und zwar in ihrem Bau den Gewohnheiten des betreffenden Tieres genau angepaßt. Andererseits findet man die sinnreichsten Vorrichtungen zum Abfangen, die schärfsten Gifte zur Vertilgung schädlicher Insekten und sonstiger Tiere. Freilich trifft man nach beiden Richtungen hin nicht immer das Rechte, wie z. B. die noch vielfach geübte, unnachsichtliche Verfolgung der Maulwürfe und Regenwürmer beweist, die beide um Lüftung und Säuberung des Bodens in so ausgiebigem Maße bemüht sind. In der Umgebung des Meerbusens Wash an der englischen Ostküste, die unter dem Namen des Fen-Distriktes bekannt ist, hat man eine umfassende Ackerkultur mit zahllosen Kanälen, Gräben und Dammanlagen auf dem erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit vom Meere verlassenen Gebiete in Betrieb gesetzt. Da dieses Gebiet eine Fläche von 3380 qkm umschließt, so mochte die Arbeit wohl reichen Gewinn ver-



Auvergnat.

sprechen. Aber die Verhältnisse haben sich dort in den letzten vierzig Jahren dermaßen verändert, daß jetzt die Naturforscher des Landes dringend dafür eintreten, daß wenigstens ein Teil der Fens im ursprünglichen Zustande erhalten bleiben sollte. Eine große Zahl von Vögeln und Pflanzen, besonders aber auch zahlreiche Insekten, die früher in großen Mengen die Ebene zu ihrem Tummelplatze machten, sind entweder vollständig vernichtet, oder wenigstens sehr selten geworden.

Der Verlust, der hierdurch entstanden ist, trifft allerdings zunächst nur die Sammler und Forscher, und für diese ist er um so größer, als thatsächlich von einer sehr schönen Schmetterlingsart, dem sogenannten großen Kupferfalter, seit 1848 keine Exemplare mehr gefunden worden sind. Der Grund dieser Verluste in der dortigen Tierwelt wird hauptsächlich der Entwässerung der früher zum großen Teile aus Sümpfen bestehenden Fens zugeschrieben. Jedenfalls hat auch dieser Fall insofern seine Bedeutung, als er den Einfluß der menschlichen Thätigkeit auf das Naturleben treffend illustriert.

Schlimmer sind die Mißstände, die durch Einführung der Spatzen in Australien hervorgerufen worden sind. Man hoffte durch dieses Mittel der unzähligen Insekten Herr zu werden, welche dort die Getreidefelder sehr verwüsteten. Die Spatzen trugen zwar nun zunächst zur Decimierung der Schädlinge merklich bei, allein sie plünderten auch die Felder in einer Weise, daß sie in Australien zu einer fürchterlichen Plage geworden sind; auf ihren Kopf ist sogar ein Preis gesetzt. Ein ähnlicher Fall ereignete sich in Jamaika. Hier führte man im Jahre 1872 zur Vertilgung der Ratten, die das Zuckerrohr vernichteten, Mungos aus Indien ein. Die Tiere thaten zunächst ihre Schuldigkeit ganz ausgezeichnet; es war in kurzer Zeit überhaupt keine Ratte mehr zu sehen, aber die Mungos gingen nun auch dem Hausgeflügel, den jungen Katzen und Hunden, ja selbst Lämmern, jungen Schweinen und neugeborenen Kälbern zu Leibe. Sie jagten Wachteln, Rebhühner, Perlhühner, Schnepfen, überhaupt alle Vögel die am Boden nisten und verzehrten ihre Eier. Sogar Fische lernten sie fangen, und die 27 Arten von einheimischen Reptilien wurden von ihnen ganz und gar ausgerottet. Glücklicherweise erstand diesen Tieren in einer Stechfliege ein gefährlicher Feind, der sie außerordentlich belästigt. Gegenwärtig sind sie in bedeutender Abnahme begriffen, und schon lassen sich wieder Klagen über die Schädigung des Zuckerrohrs durch Ratten vernehmen.

Der Mensch wirkt aber auch unabsichtlich in ganz erheblichem Maße auf die Verbreitung von Pflanzen und Tieren hin. Schon in alten Zeiten sind durch die Wanderungen der Völker eine Menge Tiere verbreitet worden, anfangs meist nur als Parasiten, mit der beginnenden Viehzucht und dem Ackerbau aber auch noch die sämtlichen Schädlinge, die sich an menschliche Behausungen und Kulturstätten festhaften, wie Mäuse, Ratten, Spatzen, verschiedene die Felder schädigende Tiere u. A. Seit die Schiffahrt nach überseeischen Ländern zugenommen und der Güterverkehr sich über den ganzen Weltmarkt verbreitet, ist die zufällige Verschleppung von Tieren eine ganz gewaltige. In jeder Frucht- und Getreidesendung finden sich zahllose Insekten, sei es im erwachsenen Zustande, sei es als Larve, Puppe oder Ei.

Die Einführung der Reblaus aus Amerika hat Europas Weinbau schon um viele Millionen geschädigt, und die Besorgnis, daß auch der Coloradokäfer und die San José-Schildlaus von dort zu uns herübergelangen könnten, ist keineswegs unbegründet, wenn sie auch bis jetzt glücklicherweise noch nicht zur Wahrheit geworden ist. Die Spatzen sind von uns ganz unabsichtlich nach der neuen Welt gebracht worden, keineswegs sind sie dort, wie in Australien, absichtlich eingeführt. Besonders aber verdankt die Ratte ihre Verbreitung über alle Erdteile zum großen Teile dem Schiffahrtsverkehr der Kulturwelt.

Wie steht es aber mit der Vernichtung von Arten der Tier- und Pflanzenwelt durch den Einfluß des Menschen? In geschichtlicher Zeit sind nachweisbar mehrere Tierarten infolge der Verfolgung derselben ausgestorben, so der Ur in Nordeuropa, die Dronte, der Biber in Europa, der Riesenalk, der Moa auf Neuseeland. Andere sehr stattliche und nützliche Tiere sind im Aussterben begriffen, so der amerikanische Büffel, der

früher in ganz Nordamerika heimisch war, und sein europäischer Stammesgenosse, der Wisent, der früher überall in Mitteleuropa zu finden war, jetzt aber nur noch im Kaukasus und im Walde von Bialowicza in Litauen ein kümmerliches Dasein fristet.

Je mehr die Kultur sich ausbreitet, umsomehr entzieht der Mensch auch den Tieren — natürlich mit Ausnahme derer, die er geflissentlich schont — den Platz und die Möglichkeit ihrer Verbreitung. Um jedes Stück Wald, das in Ackerboden verwandelt wird, werden Rehe, Hirsche und andere Waldtiere weiter zurück gedrängt; jeder Quadratmeter Landes, der als Bauterrain benutzt wird, entzieht der im Freien lebenden Tierwelt den Nährboden. Es kann daher geradezu als ein Maß für die Kulturhöhe eines Landes betrachtet werden, ob und in welcher Anzahl ein bestimmtes Tier in ihm noch vorhanden ist. Die Geschichte des Elentieres, dieses alten Riesenhirsches, ist in dieser Beziehung sehr lehrreich. Kurz vor Beginn unserer Zeitrechnung, zu Cäsars Zeit, war das Elen in Gallien und Deutschland und überhaupt in ganz Europa, mit Ausnahme der südlichen Halbinseln, sehr verbreitet. In Gallien, dem Lande, das nach jenen Halbinseln am frühesten einen kulturellen Höhepunkt erreichte, starb das Tier bereits im zweiten Jahrhundert aus. Im westlichen Deutschland ging es erst im zwölften Jahrhundert unter, nachdem man vergeblich strenge Jagdverordnungen zu seinem Schutze erlassen hatte. In Ostdeutschland wird das Elen noch im Jahre 1488 als ein ziemlich verbreitetes Tier erwähnt. Erst im vorigen Jahrhundert starben die Elentiere in Bayern und Sachsen, 1776 auch in Schlesien, dann auch in Pommern und Ungarn aus. Die Provinzen Ost- und Westpreußen waren damals die eigentliche Heimat des Elentieres; hier fühlte es sich wohl. 1795 verschwand es auch aus Westpreußen. In Ostpreußen wurde es nun zwar auch seltener, besonders seit 1848, wo die Jagd auch Bürgerlichen eingeräumt wurde; aber ganz ausgestorben ist es hier auch heute noch nicht, was freilich zunächst dem Umstande zugeschrieben ist, daß es in einigen Forsten direkt gehegt wird. Einige gute Jagdgebiete des Elen sollen noch in Skandinavien vorhanden sein. Die Heimstätte des Elentieres ist aber gegenwärtig Rußland, wo es thatsächlich blüht und gedeiht und seinen Verbreitungsbezirk immer mehr ausdehnt.

Daß die dem Menschen schädlichen Tiere, wie Bär und Wolf, in den Kulturländern höherer Ordnung bereits ganz oder nahezu ausgerottet sind, kann natürlich nicht wundernehmen. Auch die systematisch betriebene Ausrottung anderer Schädlinge von geringerer Art, der Maikäfer, der Kreuzottern u. s. w., wird in nicht allzu ferner Zeit zum Ziele geführt haben. Aber auch die erst seit jüngerer Zeit und zunächst nur teilweise in den Bereich der Hochkultur gezogenen Länder werden ihre kulturfeindlichen Arten bald los sein. Der Löwe wird immer seltener, der afrikanische Elefant nicht minder.

Zu den Pflanzen übergehend, verweist Grottewitz auf die Einführung der Kartoffel und des Mais in Europa, die beide gegenwärtig zu den wichtigsten Nutzpflanzen großer europäischer Gebiete gehören. Im vorigen Jahrhundert wurde auf die Anregung Schubarts hin der Klee als Futterpflanze in Kultur genommen; in neuester Zeit aber sind eine Menge neuer Gewächse in Anbau gekommen. Während der Mensch immerhin und eigentlich ausnahmsweise Tiere zum bloßen Vergnügen hält — Vögel, Hunde, Katzen —, so ist die Neigung, Blumen und Sträucher nur zu ästhetischen Zwecken zu verwenden, ganz allgemein. Diesem Vorzug verdanken nun eine Menge Garten- und Zimmerblumen ihre kolossale Verbreitung. In diesem Jahrhundert besonders ist die Artenzahl dieser Gewächse eine sehr bedeutende geworden. Der regelmäßige und sehr erleichterte Verkehr mit allen Ländern hat hier zu einem sehr lebhaften Austausch geführt. In den gemäßigten Gegenden können alle die Gewächse der warmen und heißen Länder kultiviert werden, vorausgesetzt, daß ihre Vegetationszeit dort so kurz ist, daß sie in unserem Sommer noch zur Fruchtreife eventuell auch nur zur Blüte kommen. Die Gartenaster, die aus China eingeführt worden ist, die Reseda, die aus Aegypten stammt, die Begonie, die von Südamerika zu uns gekommen ist, blühen in unserem Sommer ebenso schön wie in ihrer Heimat. Sie bringen bei uns auch Samen hervor und können deshalb, nachdem sie im Winter zu Grunde gegangen sind, jedes Frühjahr von neuem ohne besondere Mühe ausgesäet werden.



Thee-Ernte auf einer Urwaldrodung
in der Lipton'schen Pflanzung auf Ceylon.

Andere fremdländische Pflanzen, wie Georginen und Canna, sind dadurch überall hin verbreitet worden, daß ihre Wurzelstöcke im Herbst aus der Erde genommen und wie die Kartoffeln im Keller überwintert werden können. Noch andere Pflanzen, wie z. B. die Rosen, die ebenfalls unseren Winter nicht ertragen würden, können doch durch eine leicht anzubringende Schutzvorrichtung am Leben erhalten werden, kurz, alle diese Verhältnisse erleichterten es dem Menschen ungemein, eine Menge von Pflanzen über die ganze Erde zu verbreiten. Hierbei spielen auch die Gewächshäuser, in denen Pflanzen bei künstlicher Wärme gezüchtet werden können, eine nicht unbedeutende Rolle. Fuchsien, Pelargonien, Kamelien und viele andere sind infolge dieser Eigenschaft ganz ungeheuer verbreitet.

Handelt es sich hierbei nur um verhältnismäßig geringe Mengen und Raumbedürfnisse, so fällt umsomehr die Ausdehnung des vom Menschen für seine Kulturzwecke in Anspruch genommenen Bodens in Betracht. Zwar giebt es in den nichteuropäischen Erdteilen noch genug Strecken, wo der Mensch das Land noch nicht bestellt, aber in Europa findet sich kaum ein Quadratmeter Erde, dessen Pflanzenwelt nicht durch die Thätigkeit des Menschen reguliert, durch seinen Willen bestimmt wird. Und auch in anderen Erdteilen, die unter dem Machteinfluß der Kultur stehen, nimmt die Umwandlung immer größere Dimensionen an. Von Amerika gar nicht zu sprechen, wollen wir nur Asiens gedenken, wo das uralte Kulturvolk der Chinesen ein weites Gebiet seinen landwirtschaftlichen Zwecken dienstbar gemacht hat, und Australiens, das an seinen Küstensäumen einen seiner ursprünglichen Flora gänzlich fremden Pflanzenwuchs sich entfalten sieht. Ein interessantes Beispiel giebt unsere Abbildung auf S. 707, die das Entstehen von Theepflanzungen an Stelle des früheren Urwaldes auf Ceylon darstellt. Wie bei den Haustieren, so hat es sich auch der Mensch bei seinen Kulturpflanzen angelegen sein lassen, Abarten zu züchten. Schon im 17. Jahrhundert wurde mit der Tulpe die Züchtung von Spielarten gewerbsmäßig betrieben. In Holland besonders wurde die Tulpenliebhaberei zur Mode; nicht weniger als tausend verschiedene Varietäten der Gartentulpe wurden damals von der züchtenden Hand des Menschen hervorgebracht. Seit Beginn unseres Jahrhunderts aber erstreckte sich diese Thätigkeit fast auf alle Kulturpflanzen überhaupt. Es giebt jetzt eine Menge verschiedener Abarten des Roggens, des Weizens, hunderte von Varietäten der Kartoffeln, tausende von Apfelsorten. Ein großer Wetteifer herrscht in der Züchtung neuer Gemüsesorten, welche die alten möglichst an Frühzeitigkeit und Ergiebigkeit übertreffen sollen. Von den Tausenden von Zierpflanzen ist fast keine den gärtnerischen Züchtungsversuchen entgangen; was diese aus der Dahlie gemacht haben, die ursprünglich eine einfache braune Blume war, beweisen die vielen hundert Nummern der betreffenden Kataloge.

Die Verschleppung von wild wachsenden Pflanzen ist ebenfalls bedeutend größer als die von Tieren. Sämereien von Unkraut befinden sich in jedem Transport vegetabilischer Produkte, in jeder Schiffsladung. In der Nähe von Mühlen entwickelt sich oft eine Pflanzenwelt, die aus Gewächsen Ungarns, Nordamerikas und anderer Länder besteht. 1871 entstand um Paris eine Vegetation, die durch den damaligen großen Truppenzusammenfluß in der Nähe der französischen Hauptstadt veranlaßt wurde, und die man deshalb „Belagerungsflora“ genannt hat. Die größte Verbreitung der Unkräuter aber geschieht indirekt durch den Anbau aller Kulturpflanzen; überall, wo der Mensch Land kultiviert, dahin verbreitet er auch diejenigen Pflanzen, die sich nun einmal dem Kulturland unaustilgbar angepaßt haben.

Mit dem Einflusse auf die Tier- und Pflanzenwelt ist indes die Einwirkung des Menschen auf die Natur noch nicht erschöpft. Sie erstreckt sich namentlich auch auf die Umgestaltung der Erdoberfläche und auf das Klima. Die oberste Schicht des Erdbodens wird durch ihn aufgelockert, Wälder werden ausgerodet, Wasserfurchen gezogen, und durch all dies leitet er die meteorologischen und geologischen Verhältnisse in ganz bestimmte Richtungen. Wo sich das Wasser früher in einem großen Walde verteilte und allmählich in den Boden sickerte, da fließt es jetzt bei anhaltendem Regen zu Bächen, Flüssen, Strömen zu-

sammen, bahnt sich in tief ausgehöhlten Erdfurchen einen Weg und füllt womöglich Thäler mit Sand und Steinen aus. Die geologischen Prozesse werden durch den Raubbau in Forsten und auf Bergeshängen wirksamer, katastrophenreicher gemacht. Allerdings bemüht sich der Mensch auf der anderen Seite, diese Prozesse möglichst aufzuhalten, und diesem Zwecke dienen Befestigungen der Flußufer, der Seeküsten, Drainagen u. s. w. Er wühlt Bergwerke aus, gräbt Kanäle, führt Eisenbahndämme auf, durchbricht das Hochgebirge in mächtigen Tunnels und zieht eiserne Fahrstraßen darüber weg. Betrachtet man die Größe der Natur in ihrer Gesamtheit, so erscheinen diese Menschenwerke unbedeutend, ja kleinlich; aber wo sie die Natur einmal in ihren Bann gelegt haben, sorgt der Mensch für ihre Erhaltung, Erweiterung und Vervollkommnung, und so rücken sie immer dichter aneinander und drängen die Natur allmählich ganz in den Hintergrund. So ist namentlich, wie Grottewitz hervorhebt, der Einfluß, den der Kulturmensch durch die Ausrodung der Wälder auf das Klima ausübt, von großer Bedeutung; die Temperatur gestaltet sich dadurch in der Weise ungünstiger, daß der Sommer heißer und der Winter härter wird. Die Durchschnittstemperatur mag vielleicht dieselbe bleiben; aber Gegenden, in denen der Wald ausgerodet wurde, z. B. manche Gebiete des südlichen Rußlands, sind dadurch zu dürren Steppen geworden, im Sommer fürchterlich heiß und trocken, im Winter außerordentlich kalt. Auch die gleichartige Bestellung des Bodens, der hohe Pflanzenwuchs im Sommer, die Vegetationslosigkeit und lockere Beschaffenheit der Aecker im Winter muß natürlich auf die klimatischen, Niederschlags- und meteorologischen Verhältnisse einen großen Einfluß üben. Mögen die Wirkungen aller dieser Einflüsse im Einzelnen noch so geringfügig sein, so summieren sie sich doch, dank ihrer Verbreitung über bedeutende Kulturgebiete und ihrer Mannigfaltigkeit, zu einem ansehnlichen Gesamtergebnis, das, dauernd erhalten und mit dem Wachstum der Kultur stetig vermehrt, schließlich zu tief eingreifenden Veränderungen im Gange des ganzen irdischen Naturlebens führen muß.

Bedenken wir zu alledem, daß diejenigen Kultureinflüsse, die hier hauptsächlich in Frage kommen, zum größten Teil nicht viel über den Zeitraum eines Jahrhunderts sich erstreckt haben, und daß wir nicht ahnen können, in welchen sachlichen, zeitlichen und räumlichen Dimensionen die Kulturfortschritte im nächsten und den folgenden Jahrhunderten sich noch weiter entwickeln werden, so erscheint es wohl nicht ungerechtfertigt, wenn die Frage aufgeworfen wird, ob nicht dereinst eine Zeit kommen wird, in der die Entwickelungsgeschichte der Natur, wenigstens auf unserem Planeten, nicht mehr von der Entwickelungsgeschichte der Kultur zu trennen sein wird. Das Beispiel des Mars — vorausgesetzt, daß die Auffassung der Bedeutung seiner Kanäle (vgl. S. 222) mit den Thatsachen übereinstimmt — bietet immerhin einen Anknüpfungspunkt für diese Annahme.

Von den die Erde belebenden organischen Wesen ist es keineswegs der Mensch allein, der durch seine Thätigkeit einen erheblichen Einfluß auf die Gestaltung der Zustände auf der Erdoberfläche ausübt. Wir sehen vielmehr auch Tiere und Pflanzen in dieser Richtung unausgesetzt thätig. Schon viele Millionen Jahre vor dem Auftreten des Menschen haben, wie wir im Verlaufe unserer Betrachtungen gesehen haben, kleinste Lebewesen, Kieselalgen (Diatomeen), Schwammtiere, Wurzelfüßer (Foraminiferen) u. a. ungeheuere Massen von Ueberresten ihres eigenen Organismus zur Bildung ganzer Gesteinsschichten geliefert. Freilich kann in diesem Falle ebensowenig von Thätigkeit die Rede sein, wie in Bezug auf die mächtigen Kohlenlager, die ihr Vorhandensein vorweltlichen Pflanzen verdanken, denn in beiden Fällen handelt es sich einfach um Anhäufung von Leichen, um die Rückgabe in veränderter Gestalt des aus dem Wasser, der Luft und dem Boden gewonnenen Stoffes, aus welchem seinerzeit diese Organismen selbst sich gebildet hatten. Anders verhält es sich mit den von den Korallentieren errichteten Wällen, die ausgedehnte Küstenstriche umfassen und vor der Zerstörung durch die brandende Flut schützen, neues, bewohnbares Land auf den Gipfeln versunkener Berge aufgetürmt haben; denn hier handelt es sich in der That um Schöpfungen, die unmittelbar aus der Lebensthätigkeit dieser Tiere hervorgegangen sind. Um ein Beispiel ähnlicher Wirksamkeit aus der Pflanzenwelt anzuführen, wollen wir den

Einfluß erwähnen, den der Mangle- oder Mangrove-Baum*) auf die Küstengestaltung an den Rändern sumpfiger Flußmündungen und Meeresbuchten ausübt. In dem Werke „Das Pflanzenreich“ von K. Schumann und E. Gilg schreibt der letztere hierüber folgendes: „Wenn sich der Reisende, welcher tage-, vielleicht wochenlang über den Ocean gefahren ist und nichts als Himmel und Wasser gesehen hat, einem tropischen Gestade naht, so begrüßt ihn an allen flacheren Küsten zuerst ein Saum von prachtvoll dunkelgrünen Waldstreifen, die innerhalb jenes Gebietes gedeihen. Man nennt diese Gebüsche, welche aus einer nicht geringen Zahl von Pflanzen zusammengesetzt werden, Manglewälder oder Mangrove, weil die Mangle den Hauptbestandteil ausmachen. Daneben finden sich noch mehrere andere Pflanzen derselben Familie, was aber besonders bemerkenswert ist, die Repräsentanten der verschiedensten anderen Familien zeigen ganz die gleichen höchst eigentümlichen Anpassungserscheinungen an ihre Lebensweise, ohne die freilich ihre Existenz wohl überhaupt an diesen Orten in Frage gestellt wäre. Kommt das Schiff den grünen Waldstreifen näher, so lösen sie sich in lockere Gebüsche auf, welche dadurch einen höchst barocken Eindruck machen, daß die nicht allzu hohen Bäume wie auf Stelzen stehen. Der Baum erzeugt nämlich an seinem Stamme zahlreiche, bogenförmig gekrümmte Luftwurzeln, die sich sämtlich tief in den Uferschlamm einbohren; außerdem wachsen aber auch von den Zweigen reichliche Wurzeln herab, alle zu dem Zwecke, um den Baum möglichst zu befestigen, so daß er gewissermaßen von zahlreichen Tauen verankert ist. Und in der That hat er diese Befestigung notwendig, denn bei der steigenden Flut drängen sehr oft die Wellen hart an ihn heran oder rasen wohl über ihn hinweg, so daß der Schaum über den gebogenen Wipfel hoch aufspritzt. Eine höchst auffallende Besonderheit der Mangle, die auch vielen anderen Mangrovepflanzen zukommt, ist, daß die Frucht bereits am Baum keimt. Sie schickt zu diesem Behufe die nach der Blütenöffnung gekehrte Wurzel durch die Frucht hindurch, und da die Blüte in diesem Zustande nickt, so ist die Wurzel nebst dem daran stoßenden, unter den Keimblättern befindlichen Stengelteil nach der Oberfläche des Wassers gewendet. Dieser Körper verdickt sich an seinem Ende sehr stark, so daß er spindelförmig wird; er kann die Länge von einem Meter erreichen, ehe er sich aus der Fruchthülle, die am Baume sitzen bleibt, durch seine Schwere loslöst und im senkrechten Falle sich tief in den Schlamm des Bodens einsenkt. Hier entwickeln sich im Laufe weniger Stunden Wurzeln, die den Keimling endgiltig im Boden befestigen. Es kann nun wohl vorkommen, daß bei hoher Flut der Keimling die Wassersäule nicht zu durchdringen vermag oder sich doch nicht fest einbohrt; dann führen ihn die Wellen fort, werfen ihn ans Land oder tragen ihn an andere Küsten. Die Manglewälder sind von hoher Wichtigkeit als landerobernde Vegetationsformen, die immer weiter im Meere fortschreiten und schon große Distrikte an den Küsten allmählich in festes Land verwandelt haben. Die bogenförmig ausgespreizten Stelzwurzeln sammeln nämlich wie Reusen alles hineingeratene Pflanzenmaterial an, halten es fest und verdichten den Untergrund des Waldes schließlich so weit, daß er fest und gangbar wird. Sie sind meistens durchaus an das Salzwasser gebunden und steigen in den Mündungen der Flüsse nur so weit herauf, als der Einfluß des Meeres reicht; in reinem Süßwasser verschwinden sie bald vollkommen.“ — Beiläufig mag indes erwähnt werden, daß die auf solche Art zu stande gekommenen Bodenbildungen gleich allen jenen Gegenden in den Tropen, wo eine Ansammlung von Fäulnis- und Verwesungsprodukten stattfindet, als giftige Fiebernester verrufen und darum von den Menschen sorgfältig gemieden sind.

Haben wir im Vorstehenden Beispiele von erhaltender Einwirkung und aufbauender Thätigkeit organischer Wesen kennen gelernt, so finden wir im Naturleben auch deren genug, die von der zerstörenden Thätigkeit solcher Zeugnis geben. Viele Pflanzen fördern dadurch, daß sie ihre Wurzeln in die feinsten Risse des von der Verwitterung ergriffenen Gesteines senken und infolge des Wachstums derselben hebelähnlich auf die Erweiterung dieser Risse

*) Diese der Pflanzengattung Rhizophora angehörenden Bäume kommen in der alten Welt von Japan bis herab nach Australien und bis nach Ostafrika hinüber, am häufigsten aber im tropischen Amerika vor.

hinwirken, den vom Wasser und der Luft angebahnten Zerstörungsprozeß. Außer diesem mechanischen Eingriffe, der, wenn er von den mächtigen Wurzeln großer Bäume ausgeübt wird, selbst große Felsstücke abzusprengen und aus ihrem Lager zu heben vermag, kommt aber auch noch ein solcher chemischer Natur zur Geltung, indem die den Stein berührenden Wurzeln auf dessen Substanz lösend einwirken und deutlich sichtbare Gänge aus denselben herausnagen, wodurch dem eindringenden Wasser neue Wege zur Ausspülung und Abschwemmung oder, wenn es gefriert, zur Sprengung der angegriffenen Gesteinsmassen geöffnet werden. In passivem Sinne üben sowohl Pflanzen als auch Tiere — ebenfalls unter Mitwirkung des Wassers — eine zerstörende Wirkung auf das Gestein aus, indem ihre verwesenden Ueberreste scharfe Säuren erzeugen, die das Wasser aufnimmt und dadurch befähigt wird, selbst das härteste Gestein mit der Zeit zu zerstören. Eine ähnliche Thätigkeit, wie sie die Pflanzen als Helfershelfer des Wassers bei seinem Zerstörungswerke an dem Gestein der Gebirge und des festen Landes ausüben, betreiben die **Bohrmuscheln** an den Meeresküsten. Mit ihren harten, nagelartig rauhen Schalen graben sich diese wurmförmig länglichen Tiere, wie C. Grottewitz schreibt, tief in die Felsenwände ein, durchziehen diese mit einem reichen Netzwerk von Röhren und berauben sie dadurch ihrer Widerstandskraft. Die anbrandenden Wogen werden in die Röhren hineingetrieben und können nun ihre zerstörerische Wirkung mit sicherem Erfolge ausüben. Obwohl die Bohrmuscheln im Wasser leben und nur den im Meere selbst liegenden Teil der Uferwände durchbohren, so untergraben sie doch gerade das Fundament, auf dem hohe, über dem Wasser aufragende Felsen und Berge ruhen, und diese stürzen in demselben Maße ein, als ihnen die Unterlage entzogen wird. So erlangt die vernichtende Thätigkeit der Bohrmuscheln einen ziemlich großen Umfang. Die ins Meer gestürzten Bergmassen werden von den Wellen verschlungen, das Meer selbst rückt vor, und wenn es irgendwo einen neugewonnenen Platz einnimmt, so muß es an irgend einer Stelle zurücktreten. Auf diese Weise tragen auch die Bohrmuscheln bei zu der gewaltigen Verschiebung, welche die Meeresgrenzen nachweislich seit uralter Zeit erlitten haben.

Wir sehen aus dem Vorgesagten, daß die organische Welt an dem Aufbau des Bodens, der sie ernährt, ebenso wie an der Zerstörung desselben beteiligt ist. Es vollzieht sich eben im Naturleben ein steter Wechselverkehr, ein gegenseitiges Geben und Nehmen. Die Hauptrolle in demselben fällt allerdings den Elementen zu, neben deren Kraftleistungen diejenigen der Lebewesen nur in sehr untergeordneter Weise zur Geltung kommen. Verschwindend klein ist der Einfluß, den die Tierwelt auf die Verhältnisse an der Erdoberfläche durch diejenigen Arbeitsleistungen ausübt, die sie unmittelbar zum Zweck ihrer Selbsterhaltung, also z. B. zur Herstellung ihrer Wohnungen verrichten. In dieser Hinsicht verdiente höchstens der **Biber** Erwähnung. Diesen Tieren, die ja jetzt freilich nur noch in Kanada in größerer Menge vorhanden sind, ist es, wie C. Grottewitz schreibt, darum zu thun, möglichst abgeschlossene Wassertümpel zu schaffen, die Sommer und Winter das gleiche Wasserniveau besitzen. Zu diesem Zwecke bauen sie ansehnliche Dämme, welche Stauungen und Ansammlungen des Wassers erzeugen oder aber Flüsse teilen, einengen oder in ein neues Bett leiten. Die Thätigkeit des Bibers ist übrigens keine rein zerstörende; er wandelt nur gegebene Verhältnisse um, während er das Niveau der Erdoberfläche durchschnittlich kaum verändert. Was hat aber diese Arbeit im Vergleich zu den Wasserstraßen- und Hafenanlagen, zur Durchbrechung von Landengen und Verbindung von Oceanen, zu all den riesigen Arbeiten der Menschenhand und des Menschengeistes zu bedeuten, die den ganzen Erdball umfassen?

Wir haben oben gesehen, wie groß der Einfluß der menschlichen Kultur auf die Naturverhältnisse ist; doch wäre es unvernünftig, den Gedankengang nach dieser Richtung mit dem Siege der Kulturwelt über die Naturwelt abschließen zu wollen. Denn bei allem, was die Menschenkultur hervorgebracht hat und noch hervorbringen wird, handelt es sich immer nur um jenes winzige Weltstäubchen, das wir Erde nennen, und um ein einzelnes Glied in der Entwickelungsgeschichte der organischen Welt dieser Erde, um die Menschenspecies, die allerdings zur Zeit das Endglied dieser Entwickelungskette darstellt, bezüglich deren aber

nicht der geringste Grund zu der Annahme vorliegt, daß sie auch für alle Zeiten Endglied bleiben, ihre Stellung als oberste organische Entwickelungsform in alle Ewigkeit behaupten wird. Und sollte sich auch wirklich in der Menschheit die Fortschrittsfähigkeit der organischen Natur erschöpft haben, so ist damit keineswegs zugleich die letzte Grenze der Entwickelungsfähigkeit der Natur im Ganzen erreicht. Wir wissen nicht, ob das organische Leben auf der Erde nicht bereits auf irgend einem anderen Planeten unseres oder eines anderen Sonnen- oder Weltsystemes durch eine höhere Entwickelungsform überboten ist, und ebensowenig wissen wir, ob und in wie weit die Gestaltungskraft der Natur auf unserem eigenen Planeten noch vollkommener Entwickeltes, als der Mensch oder die organische Welt im Ganzen es ist, hervorzubringen vermag. Dagegen wissen wir, daß die Himmelskörper als solche ihre Entwickelungsgeschichte haben, daß sie werden, reifen und vergehen, um Bildungsstoff zu neuen Entwickelungsvorgängen zu bieten. Wir müssen daher annehmen, daß ein gleiches Schicksal auch unserer Erde vorbehalten ist. Mag sie nun in ihrem gegenwärtigen Zustande bereits den Gipfel ihrer Reife erreicht haben oder demselben erst zustreben, sicher wird eine Zeit eintreten, mit der ein allmähliches Absterben ihrer Lebens- und Gestaltungskraft beginnen und von welchem an der Niedergang unaufhaltsam fortschreiten wird. Und vielleicht wird schon lange vorher die ganze Kulturherrlichkeit der Gegenwart in einer Fundschicht der Zukunft begraben liegen. Alles, was besteht, ist vergänglich, Individuen so gut wie Geschlechter, Sternschnuppen so gut wie Weltsysteme. Unsterblich ist nur die Natur als Ganzes, unzerstörbar nur der ewig sich wandelnde Stoff, unerschöpflich nur die Kraft, die das Weltall belebt.

Sach- und Namensregister.

A.

Aargletscher 641.
Abbé Bourgeois 634.
Aberration 51, 57.
Abessinier 691.
Absorptionslinien 155.
Abu Abdallah Dschabir 34.
Abul-Kasim 33.
Abul Kasis 34.
Abu Musa Giafar al Sofi 34.
Abstammungslehre 86 ff.
Absteigende Zeichen 124.
Abtragung der Gebirge 384.
Acalephae 504.
Acharnar 126.
Achlya 469, Abb. Verschiedene Schwärmsporen 469.
Achromatisch 51.
Achsenstab 477.
Achsorgane 518.
Achtstrahlige Korallentiere 400.
Acineten 489, 491.
Acranier 504, 613, 629.
Actinoma asteracanthion 494.
Adapis 603.
Adelsberg, Tropfsteinhöhle von 350.
Adlersteine 332.
Aegos-Potamos 193.
Aegypter 21.
Aepyornis ingens 591.
Aequator 43.
Aequatorial 69.
— -Gegenstrom 367.
— -strömungen 367.
Aërolithen 192.
Aerophor 365.
Aethiopier 666, 686, 691.
Affen 499, 600, 604.
— -menschen 618, 620, 629.
— -theorien 608.
— -schwein 603.
Afghanen 687.
Afrikanische Neger 667.
Afrikanischer Molchfisch 538.
— Urwald 556.
Agassiz, Louis 80.
Agricola 80.
Ahnenreihe des Menschengeschlechtes 609.
Ahornbäume 552.
Aiguilles Rouges 384, Abb. Die Gipfel der Aiguilles Rouges 385.
Akazien 564.
Akkalen 689.
Akka-Pygmäen 668.
Aktinien 400.
Alali 618.
Alamach, Sternbild 121.
Alanggras 558.
Albanesen 690.
Al-Batani 37.
Alchymie 33, Abb. Laboratorium eines Alchymisten 32.
Aldebaran 76, 124.
Aleuten 270.
Alfons X. 37.
Algarien 486, 489.
Algedi 120.
Algen 403, 484, 497, 517, Abb. Niedere Algen 484.
Algenib, Sternbild des 121.
Algenpilze 523.
Algerier 691.
Algetten 487, 489.
Algol, Sternbild des 111, 121, 115.
Alkmäon 26.
Alkyone 124, 160.
Allantois 478, 589.
Allantoiden 478, 604.
Alleinlebewesen s. Monobion.
Alluvium 377, 378, 398, 656, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Almagest 29.
Al-Mamun 32.
Alpen 384, 631.
— -Anemonen 471.
— -Arnika 514.
— -Durchstiche 234.
Alsophila crinita 562, Abb. 559.
Altägypter 691.
Altajer 671.
Altasserif 33.
Altbriten 690.
Altnubier 691.
Altpreußen 690.
Altsachsen 690.
Altschotten 690.
Alttertiär 447.
Amaltheus margaritatus 429, Abb. 428.
Amazirh 691.
Amblystomen 616, Abb. 616.
Ambulacralfurchen 579.
— -Rinnen 577.
Ambulacren 575.
Ameisen 556.
— -Igel 629.
— -Löwen 568.
Amerikaner 666, 668, 671, 687.
Amerikanische Rasse 667.
— Völker 687.
Amerikanischer Molchfisch 588.
Amharen 691.
Ammen 468.
Ammenzeugung 468.
Ammoniten 414, 429, 435, Abb. Amaltheus margaritatus 428.
Amnion 478.
— -lose 587.
— -tiere 587.
Amnioten 587, 604.
Amöbarien 491.
Amöben 467, 487, 609, 629, Abb. Amöbenteilung 467 Formzustände einer Amöbe 488.
— -Gemeinden 609.
Amöbinen 491.
Amorphe Gesteine 371.
Amphibien 498, 499, 504, 586, 589, 629.
Amphioxus 504, 581, 587, 588, 609, 612, 629, Abb. 613.
Anatomie 64.
Anaximander von Milet 20.
Anchitherium 569.
Andrea, Angelo 458.
Andrias Scheuchzeri 448.
Andromeda 96
Andromeda-Nebel 96, Abb. 96.
Angelsachsen 690.
Angelsächsische Weltkarte 37, Abb. 36.
Angiospermen 497, 501, 543, 547.
Anhydrit 331.
Animale Raubmoneren 485.
Animalisches Leben 452.
Anklitz, Konstantin 35.
Anneliden 499, 531.
Annularia 537, Abb. Organe und Reproduktionsapparat fossiler Calamarien 536.
Anoplotherium 443, Abb. 442.
Anschlußzelle 575.
Antagonisten 571.
Antares 125.
Antarktisch 253.
Antheridium 522, 523, 530, Abb. Antheridium eines Farnkrautes 530.
Antherozoiden 523.
Anthozoen 399, 498.
Anthracit 375.
Anthrakotherium 444.
Anthropogenie 82.
Anthropoiden 618, 620, 629.
Antiparos, Stalaktitengrotte auf 352.
Antlitz, Konstantin s. Anklitz.
Anziehungskraft 139.
Aorta 477.
Aplacentale Säugetiere 499.
Aplacentalia 499.
Apothekerkunst 34.
Appendicarien 499, 612.
Apenninen 532.
Araber 49, 678, 686, 691, 700, Abb. Abd-el-Kader, als Araber-Typus 703.
Araceen 12.
Arachnoidea 499.
Arago, Dominik Franz 150.
Aramäer 686, 691.
Araukarien 547, Abb. 547.
Arbeitsbiene 468.
Arcellina 491.
Archäische Formation 378.
Archaeopteryx 429, 436, 589, Abb. 435.
Archegoniaten 525.
Archegonien 530.
Archegonium 525, 528, Abb. Archegonium mit Eizelle 525.
Archegosaurus 421, Abb. 419, Schädel des Archegosaurus 419.
Archenhold 70.
Archigonie 455.
Archimedes 28.
Archimedisches Princip 28.
Arcturus 76, 118, 121.
Ares 17.
Argelander, Friedr. Wilh. Aug. 69, 117.
Arier 662, 672, 675, 686, 690, 693, 701, Abb. Auvergnat 704.
Aries 124.
Arimaspen 26.
Arimorph 85.
Arioromanen 690.
Aristoteles 22, 23, 26, Abb. 22.
Arithmetische Progression 159.
Arktiker 668, 671, 687, 692.
Arktisch 253.
Arktische Menschenrassen 667.
Armenier 686.
Armfüßer 499.
Armillarsphäre 47, Abb. Tycho Brahe's Armillae zodiacales 47.
Armleuchterpflanzen 520.
Armwürmer 580.
Art-Einheit 507.
Articulata 498.
Artikulierte Sprache 627.
Arthropoda 498, 499.
Ascidiae 499.
Ascidien 499, 504, 581, 612, Abb. Ausgewachsene Ascidie 613.

Ascidienlarven 629 Abb. 611.
Ascobium 523.
Ascomyceten 523.
Ascosporen 523.
Aselli, Kaspar 63.
Asinelli, Turm zu Bologna 141.
Asselspinnen 499.
Assimilation 512, 566.
Assyrer 26, 691.
Asteriae 498.
Asteroiden 60, 134, 178 ff.
Asträen 403.
Astrolabium 38.
Astrologie 31, 34, 41.
Astronomiae instauratae mechanica von Tycho Brahe 46.
Astronomie 37, 54, 67, 68.
Astronomische Instrumente des 17. Jahrh. 53, Abb. 53.
Astrophysik 76.
Asymmetrisch 85.
Atakama, Strandwüste von 330.
Atavismus 569, 688.
Atemhöhle 462.
Atlantischer Ocean, Aequatorialstrom des 367.
Atmosphäre 135, 296 ff.
Atmungsorgane der Pflanzen 461.
Atoll 405, 406, Abb. Küsten-, Strand- und Lagunenriffe 405, Das Atoll von Ebon 406.
Atome 65.
Atrio del Cavallo 256.
Attraktionskraft 139, 146.
— -sphären 460.
Aufgußtierchen s. Infusorien.
Aufsteigende Zeichen 124.
Auge 571.
Augenglas 39.
Augustschwarm 197, 198, Abb. 199.
Auriga, Sternbild 121.
Ausbruchkegel 247, Abb. Schematischer Querschnitt eines Vulkans 247.
Ausgleichungsströmungen 367.
Australier 624, 667, 668, 672, 675, 687, 692, 695, 696, Abb. Lager der Australneger 696.
— -Schädel 620, Abb. 620.
Australische Kohlenformation 423.
— Molchfisch 588.
Australisches Festland, Krater auf dem 270.
Australneger 629, 672.
Australoider Typus 675.
Australstrom 367.
Auswaschungsbeben 294.
Autogonie 455.
Auxosporenbildung 518.
Auvernier, Frau von 660, Abb. 660.
Awaren 687.
Aves 499.
Avicenna 33.
Axolotl 615.
Azteken 676.

B.

Babylonier 22, 691.
Babylonische Weltanschauung 18, Abb. 18.
Bacillariaceen 518.
Bacillen 489.
Bacillus aceti 486, Abb. 486.
Bälz 675.
Bänke 335.
Baer, K. E. von 498, 505, 586, 706.
Bärentierchen 499.
Bärlappe 537.
Bäumchenschnecke 568, Abb. 567.
Bakterien 457, 483, 523, 629, Abb. Bakterienmassen in faulendem Sumpfwasser 492.
Baktrer 687.
Balaenoptera 370.
Bali 10.
Balkanhalbinsel, Gebirge der 632.
Ball 175.
Balonoglossus 629.
Baltiker 690.
Bambus 556, Abb. Riesenbambus auf Ceylon 558.
— -palmen 556.
— -rohr 562.
Bantaisan 269.
Barkarossahöhle 350.
Barium 76.
Bartenwale 599.
Basalt 375, 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Baschkiren 670.
Basidiomyceten 523.
Basidium 523.
Basken 673, 687.
Baskischer Sprachstamm 674.
Bastei 395, Abb. die Bastei in der Sächsischen Schweiz 394.
Bastian, Adolf 677.
Batterien, galvanische 65.
Bauchfüßer 499.
Bauchmark 581.
Bauer, Georg 80.
Baumannshöhle 350.
Baumfarren 533, Abb. auf Ceylon 533.
Baumtange 500.
Baumvögel 499.
Beaumont, Elie de 242.
Becher, Sternbild 126.
Becherpolypen 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Bedsch 691.
Befruchtung 471.
Begriff-Sprache 627.
Beharrung 625.
Beharrungsvermögen 140.
Belagerungsflora 703.
Belemniten 429, 431, 435.
Bell 63.
Bella - Coola - Indianer, Schöpfungssage der 15.
Bellatrix 124.
Belon, Pierre 63.
Benetnasch 121.
Bengalisches Meer 633.
Bennett 601.
Berber 691.
Bergahorn 552.
Bergstürze 345.
Berliner Jahrbuch 58.
Bernstein 632.
Bessel, Friedrich Wilhelm 69.
Betschuanen 669.
Beuger 571.
Beutelherzen 587.
Beutelratte 594, 629, Abb. Krebsfressende Beutelratte 594.
Beuteltiere 499, 593, 617, 629.
Beyrich, Dr. E. 437.
Biber 705, 711.
Bichat 63.
Biela 188.
— 'scher Komet 188, 190.
Bielshöhle 350.
Bienen 556.
Bilateral 611.
Bilateraten 611.
Bildung 4.
— littorale 358.
— subpelagische 358.
Bildungsdotter 742.
Bilobiten 520.
Bilobites furcifera 520, Abb. 520.
Bimsstein 375.
Binäre Nomenklatur 64.
Bindegewebe 571.
Binnenblase 492.
— -plasma 492.
Biogenetisches Grundgesetz 91.
Biologie 83.
Bios 485.
Birken 551, Abb 550.
Birmanen 671.
Bitterkalk 81.
Blasenkeim 475.
Blastäa 610.
Blastäaden 609, 629.
Blastula 475.
Blattgrün 460, 511.
Blattfüßer 583, Abb. Nauplius- und ausgebildete Form eines Blattfüßers 583.
Blattmoose 497, 526.
— -organe 518.
— -parenchym 460.
— -würmer 498.
Blaue Erde 632.
Bleeker, Dr. 268.
Blei 76.
Blitzröhren 322.
Blocklava 251.
— -lehm 337, 338.
Blütenpflanzen 501.
Blumenbach, Johann Friedrich 63, 666.
Blumenlose 517.
Blumenpflanzen 497, 501, 517, 542 ff.
— -tiere 399.
Blutgefäßsystem 572, 580.
— -körperchen 466.
— -kreislauf 63.
— -zellen 466.
Bocca 255.
Bode 178.
Bölsche, Wilhelm 414, 631, 632.
Boerhaave 63.
Böttger, Joh. Friedr. 34.
Bohrmuscheln 711.
Bolson de Mapimi 330.
Bomben, vulkanische 249.
Bond, W. C. 177, 184.
Bonito 10.
Bootes, Sternbild 121.
Borstenwürmer 581.
Botanik 33.
Bourgeois, Abbé 634.
Boyle, Robert 65.
Brachyopoden 413, 499.
Brachyphyllum nepos 544, Abb. 544.
Bradley, James 57, 58.
Brahmaputra, Delta des 356.
Bramidos von Guanaxuato 243.
Branchiosaurier 615.
Branchiosaurus 421, Abb. 421.
Brandstoff 65.
Brandt 599.
Brasilianisch - äthiopischer Kontinent 433.
Braune Menschenrassen 670.
Braune Rasse 666.
Brauner Jura 435.
Braunkohle 375, 632.
Brauntange 397, 519.
Breccien 333, 336, 375.
Breite 3.
Breitenkreise 29.
Breitköpfige Menschen 666.
Brennessel 462, Abb. Haarbildungen 462.
Brennhaar 462, Abb. Haarbildungen 462.
Breydenbach, Bernhard von 62.
Britannier 690.
Brontosaurus 429, Abb. 430.
Bronzezeit 655.
Brooke 360, Abb. Brooke's Tiefseelot 360.
Brorsenscher Komet 190, 191.
Bryophyten 517.
Bryozoa 499.
Bryozoen 422.
Brüche 378.
Bruchgebirge 384.
Brückenechse 421, 597, 616, 618, Abb. 618.
Brückeneidechse s. Brückenechse.
Buch, Leopold von 79, 80, 81.
Büffel, amerikanischer 705.
Büschelhaarige 668.
— Abart 666, 667.
Bunsen, Robert Wilhelm 71, Abb. Spektralapparat von 73, 74.
Buntsandstein 424.
Bupresten 430.
Burjäten 671.
Burnham 111.
Buschkorallen 400.
Buschmänner 669.
— Schöpfungssage der 13.
Byger 10.

C.

Cäsiumspektrum 73.
Cainotherium 450, Abb. Schädel des 450.
Calabrien, Erdrisse in 293, Abb. Erdrisse in der Gegend von Jerocarno 293.
Calamarien 537, Abb. Organe und Reproduktionsapparat fossiler Calamarien 536.
Calamiten 536, 541, Abb. 538, 539, 541.
Calcium 76.
Caldwell 595.
Calmen 296.
Cambrische Formation 411.
Camelopardalus, Sternbild 121.
Camera obscura 75.
Canadisches Morgenrot-Tier 410.
Cancer, Sternbild 125.
Conchae 499.
Canes venatici 121.
Canis familiaris 507.
Cano, Sebastian del 61.
Cañon 341 ff., Abb. Hufeisencañon 341, Seitenpfeiler des Großen C. 343.
Canopus 126.
Capella, Sternbild 118, 121.
Capellini 634.

Capra 507.
Capricornus, Sternbild 125.
Carchesium polypinum 486, 495, Abb. 487.
Carnivor 599.
Carpenter 410.
Carpogon 522, 523.
Carus Sterne 86.
Casamicciola, Erdbeben von 290.
Cassini, Johann Dominik 57, 113, 172, 177.
Cassiopeia, Sternbild 77.
Castor 124.
Catallacten 610.
Catarhina lipocerca 620.
Catarhinen 600, 605, 618.
Cato 26.
Caulerpa denticulata 484.
Cellulose 461.
Celte 658.
Centaur 112, 126.
Centrales Erdbeben 294.
Centralherzen 587.
Centralkörper 460.
Centralkörperchen s. Centrosoma.
Centrifugal 83.
— -kraft 132, 142.
Centripetal 83.
Centrosoma 463.
Cephalopoda 499.
Cephalopoden 482.
Ceratites nodosus 424, Abb. 424.
Ceratodus 427, 595, 629, Abb. Lurchfische 426.
Ceratodus Forsteri 427, 588, Abb. Lurchfische 426.
Ceres 164, 179.
Cetaceum 237.
Cetus 125.
Ceylon 562.
Chaldäer 686, 691.
Challenger-Expedition 365, 483.
Challenger-Radiolarien 483.
Chamäleon 8.
Chazaren 687.
Chemie 25, 35, 65.
Chinesen 21, 671, 676, 681, 700, Abb. Ting-tun-ling als Chinesentypus 701.
Chinesisch-australischer Kontinent 433, 434.
Chiusa 339.
Chladny, Ernst 194.
Chlorophyceen 519.
Chlorophyll 460, 511.
— -körner 479.
Chlorospermen 519.
Cholerabacillus 491.
Chondriten 521.
Chondrites bollensis 521, Abb. 521.
Chorda 476, 611, Abb. Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere 476.
Chorda dorsalis 612.
Chordonier 611.
Christoph Columbus 38.
Chromaceen 489.
Chromosphäre 152.
Chronometer 25.
Chroococcaceen 484, 486, 489, Abb. Niedere Algen 484.
Chroococcus primordialis 486, Abb. 486.
Chylus 63.
Chytridinen 489.
Ciliaten 486, 489, 494, 496.
Cilien 484, 494.
Citoden 483.
Cladomena radiatum 574, Abb. 575.
Coccen 489.
Cocon 568.
Coelenterata 498.
Coelenteraten 399, 573, 574.
Coelenterien 610, 611, Abb. Ascula eines Coelenteriums 609.
Coelom 475, 477.
Coelomarien 612.
Coenobien 483.
Collyrites 429, Abb. 428.
Coloradokäfer 705.
Colossochelis Atlas 450, Abb. 447.
Columbus, Christoph 61.
Coma 184
— Berenices 121.
Compsognathus longites 339, Abb. 440.
Concav 52.
Congostämme 669.
Coniferae 502.
Coniferen 543, 545, 547.
Conjugaten 489.
Conjunktion 22.
Conularia 413, Abb. 413.
Convex 52.
Cook 61.
Cook Strait 270.
Copelata 499.
Copelaten 612, 629.
Copernicus 42.
Coprolithen 432, Abb. Coprolith eines Ichthyosaurus 433.
Corona 154, 155, Abb. Corona der Sonne 154.
Corpuscula 543, Abb. Weibliches Organ einer Gymnosperme 543.
Coryphodon 444, Abb. 444.
Cosmographey 35.
Cotta, Bernhard von 81.
Cotyledonen 515.
Cova de A'sygo 352.
Cowper 63.
Crab-Nebel 98.
Cranioten 614.
Crater, Sternbild, s. Becher.
Crinitenkalk 424.
Crinoida 498.
Crinoiden 392, 579, Abb. 392, 578.
Crioceras Roemeri 438, Abb. 437.
Cro-Magnon 655.
Crownglas 51.
Crustacea 499.
Crustaceen 504, 581.
Cryptoprocta ferox 601.
Curtius 207.
Cuvier, Georg 80, 497, 586, Abb. 79.
Cuviersche Katastrophenlehre 81.
Cyanophyceen 518, 519.
Cycadae 502.
Cycadeen 436, 542, 543, 544. 545, Abb. 542, 545.
Cyclops 583, Abb. Nauplius- und ausgebildete Form eines Cyclops 585.
Cyclostomen 504, 598, 614, 629.
Cydaris coronata 429, Abb. 428.
Cyklone 297.
Cylinder 114.
Cylindrische Linsen 114.
Cynopitheca 617, 629.
Cypressen 545.
Cystocarp 522, 523.
Cytode 486.
Cytoplasma 460.

D.

Daghestaner 673.
Dalton 66.
Daltontheorie 66.
Dampfkraft 66.
Danakil 691.
Darm 569.
Darmdrüsenblatt 474, 476, Abb. Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere 476.
Darmfaserblatt 476, Abb. 476.
Darmhöhlentiere 574.
Darmlarve 610.
d'Arrestscher Komet 190.
Darwin 86 ff., 608, 630, Abb. 86.
Darwinismus 87 ff.
Dauersporen 518.
Dawkins, Boyd 635.
Dawson 410.
Deciduaten 604.
Deckengewebe 465.
Decksamer 497, 500, 501.
Declination 46.
De Doctor Ignorantia von Cusa 37.
Deduction 27.
Dehna, Wüste 330.
Deimos 224.
Dekhan-Völker 672.
Delphin, Sternbild 122.
Delphine 599.
Delta 355.
Demokrit 105.
Dendrophyllen-Stamm 399, Abb. 399.
Denab 122,
Denebola 125.
Dentex rupestris 370.
Denudation 385.
De Revolutionibus orbium coelestium von Copernicus 42.
Dermatogenzellen 516.
Derotremen 589.
Descendenzlehre 86 ff.
Descendenzlehre und Darwinismus 674.
Detonation 255.
Deukalion 15.
Deutsche 690.
Deutscher Wald 549.
De Vico 230.
De Vicoscher Komet 191.
Devonformation 377, 391, 413, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Dialoghe delle nuove scienze von Galilei 51.
Diamant 85.
Diamanten, künstliche 373.
Diaphyten 497, 525, 526, Abb. Vorkeime und geschlechtliche Generationen von Diaphyten 527.
Diatomaceen 393, Abb. 392.
Diatomeen 370, 483, 485, 486, 489, 518, 709.
Dickflügler 499.
Didelphis 629.
Diego Cam 38.
Diesterweg 139.
Dikotyledonen 501, 547.
Dikotylen s. Dikotyledonen.
Diluvialschicht 654, Abb. Silex-Brunnen von Mur-de-Barrez 653.
Diluvialzeit 633, 656.
Diluvium 377, 398, 578, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Dimorph 85.
Dimorphodon macronyx 431, Abb. 431.
Dinka 682.
Dinornis 591, Abb. 590.
Dinosaurier 426, 429, 589.
Dinotherium 445, Abb. 443, 444,
Diocletian, Kaiser 34.
Dionysius 26.
Diorite 375.
Dioritpophyrite 375.
Dioskori des, Pedanius 26.
Dipneusten 504, 588, 615, 629.
Dipnoi 427, Abb. 426.
Diprotodon 444, Abb. Schädel des 444.
Dipterus Valenciennesi 614, Abb. 614.
Discoideen 485, Abb. 485.
Diskordanz 165.
Dislokationsbeben 289, 294.
Dobschauer Eishöhle 352.
Doctor mirabilis, Ehrentitel Roger Bacons 39.
Doggerformation 429.
Dolerit 375.
Dolinen 349.
Dollond, John 51.
Dolomieu 81.
Dolomitengebirge 392, Abb. Dolomitenstock der Brenta Bassa 391.
Dolomitenkalk 81.
Dômes, Kette der 249, Abb. Vulkanische Landschaft in Frankreich 249.
Donati, Johann Baptist 183.
Dongolesen 673.
Donner 322.
Doppelnebel 99, Abb. 101.
Doppelsterne 69, 110 ff.
Doppelströmungen 368.
Dottergang 476.
Dottergelb 472.
Dotterhaut 472.
Dottersackhöhle 476.
Drache, Sternbild 122.
Draper, H. 169.
Dravida 667, 668, 670, 672, 675, 687, 692.
Drehvögel 499.
Drillpavian 605, Abb. 602.
Drohne 468.
Dronte 590, 705.
Druckempfindung 1.
Drüsen 571.
Drusen 332.
Dryopithecus Fontani 620.
Dschemelud 9.
Dschodscho 10.
Dualistische Weltanschauung 92.
Dubois, Eugen 620.
Dünen 323 ff.
Dünnbeinige Wilden 625.
Dumbell-Nebel 99, Abb. 100.
Dyasformation 377, 391, 421, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.

E.

Earl of Rosse s. Parsons.
Ebbe 30.
Ebon, Atoll von 406, Abb. 406.
Echidna 629.
Echidna hystrix 595.
Echinida 498.
Echinoderma 498.

Echinodermen 438, 575, Abb. Echinodermen-Larve 577.
Echte Affen 604, 618.
Echte Fische 586.
Echte Spinnen 499.
Edelkoralle 400, 574, Abb. Hauptformen der Nessel- tiere 574.
Edrisi 32.
Egedschab 10, 11.
Egel 581.
Egypter 21.
Ehrenberg, Christian, Gottfried 495.
Ei 468.
Eibenbäume 547.
Eichelwürmer 581, 6 1, 629.
Eichen 554, 562.
Eidechsenembryo 481, Abb. Embryo verschiedener Wirbeltiere 479.
Eidotter 471.
Eier 468.
Eierstock 468.
Eierzellen 469.
Eigelb 472.
Eihaut, äußere 473.
Eileiter 476.
Einarbe 472.
Einhorn 62.
Einhorn, Sternbild 126.
Einhüllungsgespinst 568.
Einkeimblättrige 497.
Einpaarfüßer 499.
Einsprachige Menschenrassen 687.
Einsturzbeben 290, 294.
Einsturzkrater 247.
Einzelkorallen 399, Abb. 398.
Einzellige Protozoen 629.
Einzellige Tiere 611.
Eisen 76.
Eisenmeteoriten 195, Abb. 195.
Eisenzeit 655.
Eisgänge 335.
Eishöhlen 352.
Eisnadeln 645.
Eisregen 299.
Eiszacken 645.
Eiszeit 423, 636 ff.
Eiszeit, Ideale Landschaft aus der 640, Abb. 640.
Eiterzellen 467.
Eizelle 471, Abb. 7, Eizelle des Menschen 471.
Ejektionsprodukte, vulkanische 375.
Ekilier 691.
Ekliptik 47, 119.
Ektoderm 474.
Elasmotherium 444.
Elbsandstein 395.
Elefant, afrikanischer 706.
Elektricität 25, 64, 66.
Elektrische Lampe für Tiefseeuntersuchung 364, Abb. 364.
Elektromagnetismus 65, 68.
Elemente 33.
Elentier 706.
Elkin, Dr. 69.
Ellipse 102.
Embryo 476, 544, 589.
Embryonalkugel 515.
Embryonen, menschliche 478, Abb. in verschiedenen Entwickelungsstadien 478.
Embryosack 515, 543.
Empedokles 33.
Encke, Johann Franz 188.
Enckescher Komet 188, 190.
Encriniten 579, Abb. Entwickelungsstadien einer Seelilie 578.
Encrinus liliiformis 424, Abb. 423.
Endmoränen 643.
Enif 120.
Enteropneusten 581, 611, 629.
Entoderm 474, 476.
Entwickelungsreihe der organischen Welt 497 ff.
Entwickelungsgeschichte der Natur 414.
Eocäne 440, Abb. Ideallandschaft der Eocäne 442.
Eophyton Torelli 521, Abb. 521.
Eozoon Canadense 410, Abb. 409, 410.
Epicentrum 294.
Epicyclen 29.
— ptolemäische 30.
Epidermis 465.
Epidermiszellen 462.
Epistylis operculata 495.
Epithelium 465.
Equatorial coudé 69.
Equisetineen 536, Abb. Organe von lebenden Equisetineen 535.
Equisetum 531, Abb. Prothallium von 531.
Equisetum giganteum 537.
Equuleus 122.
Eratosthenes 47.
Erastus, Thomas 182.
Eratenas 26.
Erdachse, Beweglichkeit der 43, 44, Abb. 44.
Erdbahn 638.
Erdbeben 284 ff.
— centrale 294.
— lineare 294.
— succusorische 294.
— undulatorische 294.
— vulkanische 294.
Erddurchstiche 234.
Erde 134, 146, 179.
— Entstehung und Urzustand 231 ff.
Erdkrume 335.
Erdkunde 36, 60, 78.
Erdoberfläche, Entwickelung der 371 ff.
Erdpfeiler 337, Abb. 338.
Erdpyramiden 337.
Erdrisse 292, Abb. Erdrisse in der Gegend von Jerocarno 293.
Erdrutschung 345.
Erdsalamander 617, Abb. Larve des gefleckten Erdsalamanders 617.
Erdschlipf 345.
Erdtemperaturmessungen 234, 235.
Erdumsegelung 61.
Erebus 230.
— Vulkan 253, Abb. des E. auf Viktoria-Land 253.
Ergänzungsfarben 111.
Erhebungslehre 242.
Eridanus 126.
Eriocomen 668, 692.
Erkenntnisvermögen, menschliches 1 ff.
Erosion 337 ff., Abb. Erodierte Felspartie in Wyoming 339, Wirkungen der Erosion 340.
Erosionsschlund 339.
Erosionsthal 381, Abb. Thalbildung 381.
Erratische Blöcke 335, Abb. im St. Lorenzstrom 334.
Erschütterungskreis 294.
Erschütterungszone 294.
Erstes Viertel des Mondes 204.
Eruptivgesteine 251, 375, 377, 409, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Erzgesteine 375.
Eschen 549, 550, 553, Abb. 549.
Eschricht, 598.
Eskimos 671, 687, 692.
— Schöpfungssagen der 12.
Esthen 687.
Etao 9, 91.
Eukalypten 564.
Euklides 28.
Euler, Leonhard 57.
Euplocamen 668, 692.
Euthycomen 668.
Exoderm 476.
Exospor 470.
Experiment 25.
Explosions-Erdbeben 294.

F.

Fabricius 114.
Fadenpflanzen 502, 503.
Fadensegmente 460.
Fächer 380.
Falconer 635.
Falten 378, 379.
Faltengebirge 384.
Faltensystem 379.
Fangvögel 499.
Farbenempfindung 2.
Farbstoffdrüsen 571.
Farne 497, 500, 517, 529.
Farnkraut 530, Abb. Prothallium und Antheridium eines Farnkrautes 530.
Farnpalmen 497, 502, 544, Abb. Fruchtkegel einer Farnpalme 444.
Farnwälder, Zeitalter der 531.
Fasern, motorische 571.
— sensible 571.
Fauna 88.
Favosites 412, Abb. 410.
Favre, 289.
Faye, 165.
Fayescher Komet 191.
Fechner, Gustav Theodor 134.
Feldspat 85.
Fellatas 673.
Felsblöcke 335.
Felsenwüste 328.
Fen-Distrikt 704.
Fernrohr 49, 50, 51, 70, Abb. Fernrohr des 17. Jahrhunderts 50.
Feuerkugel 192.
Feuerwerkerei 35.
Fibrovasalstränge 516.
Fichten 545, 554.
Ficus elastica 559, Abb. 557.
Findlinge 335.
Fingalshöhle 352.
Finnen 670, 671, 692.
Firnfelder 644.
Firnschnee 644.
Fische 123, 498, 499, 587.
— echte 586.
Fische, Sternbild 125.
Fischeidechse 435.
Fischtiere 587.
Fixsterne 22, 112, 114, 116.
Flachgebilde 348.
Flachküste 358.
Flagellaten 486, 489, 494, 496.
Flammarion 118, 219.
Flamsteed, John 58.
Flavio Gioja 39.
Flechten 497, 500, 503.
Fleckenarmut der Sterne 115.
Fledermäuse 600.
Fledermaus, Embryo der 800, Abb. Embryonen verschiedener Wirbeltiere 479.
Fleischfressende Beuteltiere 593.
Fleischfresser 599. 600.
Fleischkorallen 400.
Flimmer-Hohlkugel 610.
Flimmertierchen 475.
Flintglas 51.
Flösselhecht 429.
Flötze 378.
Florideen 519, 521, 522, Abb. Fortpflanzungs-Apparat einer Floridee 523.
Flora 88.
Flossenfüßer 499.
Flügelfrucht 471.
Flüssigkeitseinschlüsse 374, Abb. Flüssigkeitseinschlüsse in Gesteinen 374.
Flugdrachen 589.
Flugeidechse 431, Abb. Dimorphodon macronyx 431, Pterodactylus 432.
Flugsamen 407, Abb. 470.
Flugsaurier 431, Abb. Rhamphorhynchus 431.
Flußpricken 588.
Flußterrassen 340, Abb. Terrassen des Fraserflusses 340.
Flut 30.
Föhn 344.
Föhren 554.
Förster 201.
Foetus 480.
Folger, Dr. O. 437.
Fontenelle, Bernard 137.
Foraminiferen 370, 393, 483, 491, 709, Abb. 490.
Formenwahrnehmung 2.
Forster, Johann Reinhold 61, 182.
Fossa 600, Abb. Marderkatze 600.
Fraas, O. 408, 418, 421, 435.
Franzensbad, Kieselschlamm von 483.
Fraunhofer, Joseph von 72, Abb. 71.
Frau von Auvernier 662, Abb. 660.
Freßpolypen 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Friesen 690.
Fritsch 675.
Fromme, C. 304.
Froschlurche 589.
Fruchtbehälter 476.
Fruchthaufen 532, Abb. Charakteristische Organe der Rhizocarpeen 532.
Fruchthof 476.
Fruchtknoten 547.
Fruchtschuppe 543.
Frühlingsäquinoctial-Punkt 119.
Frühlingspunkt 47.
Frühlingszeichen 123.
Fuchs, J. N. von 248.
Fuchs, Sternbild 122.
Fucoideen 519, 521.
Fürbringer 529.
Fuhrmann, Sternbild 121.
Fulas 673.
Fulben 673.
Fulguriten 322.
Fumarolen 247.
Fungiletten 489.
Fungillarien 489.

Furchung des Eies 473, Abb. 473.
Furchungszellen 472, Abb. 473.
Fusijama 269.
Fusulina 414.

G.

Gabeltiere 593.
Gäa 19.
Gänge 333.
Galen 690.
Galeopithecus 604.
Galilei, Galileo 41, 49, 174, Abb. 48.
Galileisches Fernrohr 49.
Galla 691.
Galle, Gottfried 68, 176.
Gallier 690.
Galvani 64.
Galvanische Batterien 65.
Galvanismus 65.
Ganges=Delta 365.
Gang=Granit 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Ganglien 571.
Ganglienkette 571.
Ganoiden 414, 421, 588, 614, 629, Abb. 615.
Gartenaster 706.
Gasträa 475.
Gasträaden 504, 610, 629.
Gastrāales 500.
Gasträentheorie 500.
Gastropoda 499.
Gastrulation 474, 610, Abb. Gastrulation einer Koralle 474.
Gauß, Karl Friedrich 67, 68, 180.
Gazelle, Tiefsee=Expedition der 366.
Gebärden=Sprache 627.
Geber 34.
Gebirge, Abtragung der 384.
Gebirgstypus 386.
Gedächtnis 4.
Gefäßkryptogamen 501, 502, 517, 529.
Gefäßpflanzen 529.
Gegliederte Sprache 627.
Gegenbaur 581, 586.
Gegenpassat 296.
Gegenströmungen 367.
Gehirn 571.
Gehirnbau 626.
Gehirnkorallen 400.
Gehör 3.
Gehörsinn 1.
Geiger=Thuring, A. 350.
Geißelinfusorien 494.
Geißeltierchen 498.
Geistiges Leben 452.
Gekröse=Lava 251.
Gelbe Rasse 666.
Géménos, Grotte von 653.
Gemini, Sternbild 124.
Gemma, Sternbild 122.
Gemmula 515.
Generatio aequivoca 82.
Generationswechsel 566.
Geocentrisch 43.
Geognosie 80.
Geographie, mathematische 29.
Geologie 80.
— der Gegenwart 81.
Geologische Formationen 376, 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Geologische Zeitalter 409 ff.
Geometrische Progression 159.
Georgier 673.
Geothermische Tiefenstufe 235.
Gephyrea 499.
Gerabflügler 499.
Geradzähnige Menschen 666.
Germanen 679, 687.
Germanenschädel 663, Abb 664.
Gerölle 335.
Geruchssinn 1.
Geschab 10.
Geschichtete Gesteine 371.
Geschiebe 335.
Geschmacksinn 1.
Gesicht 1.
Gesteine, sedimentäre 251.
Gesteinsbildungen 371.
— =gänge 333.
— =schutt 335.
Gewebe, primäre 465.
— sekundäre 465.
Geweihkorallen 400.
Gewicht, specifisches 28.
Gewichtsverhältnisse 65.
Gibbon 605, 618, 627, Abb. Weißhand = Gibbon 603.
Giftdrüsen 571.
Gila=Wüste 330.
Gilg, E. 469, 710.
Gill, David 69.
Gillenfelder Maar 248.
Gingkobaum 547, Abb. 546.
Gingkocedern 545.
Gips 331, 375.
Gipsschlotten 331.
Giraffe, Sternbild 121.
Glacialschutt 344.
Glanzmoose 520.
Glasschwamm 573, Abb. 573.
Gletscher, vorweltliche 651, Abb. 651.
— =bett 650, Abb. Altes Gletscherbett 649.
— =brücken 645, Abb. Gletscherspalten und Gletscherbrücken am Rhônegletscher 645.
— =mühle 646, Abb. 646.
— =spalten 645, Abb. Gletscherspalten und Gletscherbrücken am 645.
— =tisch 645, Abb. 644.
— =zunge 644.
Gliederfüßer 498, 499.
— =spinnen 499.
— =tiere 498, 500, 503, 581.
Glimmerschiefer 81, 375, 390, Abb. Glimmerschiefer=Landschaft 388.
Globigerinen 370, 391, Abb. Lebende Globigerinen 493.
Glossopteris=Flora 423.
Glyptodon 598, Abb. 598.
Gneis 81, 375, 390, Abb. Gebirgsmasse aus Granit und Gneis 389.
Gneisfächer 380, Abb. 380.
Gnetaceen 502, 543, 547.
Gobi, Wüste 330.
Götte 674.
Gog und Magog 35.
Goldküste Afrikas, Schöpfungssagen an der 8.
Goldmacherkunst 33.
Goldstoff 76.
Golfstrom 367.
Gomphonema acuminatum 486, Abb. 487.
Gondwanaland 423.
— =stufe 423.
Gorge 339.
Gorilla 606, 618, 629, Abb. 604.
— =Schädel 620, Abb. 620.
— =Skelett 621, Abb. Menschen= und Gorilla=Skelett 621.
Goten 690.
Gotthard=Tunnel 234.
Gottheit 7.
Gould, Benjamin 104.
Gouy 191.
Grabenversenkung 384.
Gräco = italo = keltische Gruppe 693.
Gräco=Romanen 687, 690.
Granit 81, 371, 375, 377, 390, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377, Gebirgsmasse aus Granit und Gneis 389.
Granitporphyr 375.
Graphitschiefer 375.
Graptolithen 413, Abb. 413.
Grassteppe 328, Abb. Afrikanische Steppenlandschaft 327.
Graupeln 299.
Grauwacke 375.
Grauwackengebirge 391.
Gravitation 55.
Green=River, Mammuts=höhle bei 353.
Gregarinen 489, 491.
Gregorianischer Kalender 48.
Gregory 52.
Griechen 21, 687, 690.
— Schöpfungssagen der 16.
Griffel 548.
Grindelwaldgletscher 644.
Grönländer 671.
Grönländisches Inlandeis 647, Abb. 647.
Größte Kreise 216.
Großer Bär, Sternbild, 120. Abb. Gruppierung der Gestirne des 118.
— Cañon 342, Abb. Seitenpfeiler des 343.
— Löwe, Sternbild 121, 125.
— Komet von 1843, 186, Abb. 187.
Grotten von St. Canzian 350, Abb. 351.
Grottewitz, C. 514, 702, 711.
Grundsubstanz 465.
Grünstein 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erde 377.
Grüntange 497, 500, 519.
Grundgesetz, biogenetisches 91.
Grundmoränen 643.
Grus 335.
Grynacus 181.
Guanchen 691.
Guanaxuato, Bramidos von 243.
Gürteltiere 598.
Guglielmini 141.
Guichua=Indianer 700, Abb. 699.
Gummibaum 560, Abb. 557.
Gurkenqualle 505, 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Gymnospermen 497, 502, 543, Abb. Weibliches Organ einer Gymnosperme 543.

H.

Haacke, 595.
Haar der Berenice, Sternbild 121.
Haarbildungen der Pflanzen 462, Abb. 462.
Haarfarn 529, 531, Abb. Vorkeim des 529.
Haaſt 598.
Häberlein, Ernst 436.
Häckel, Ernst 82, 91, 155, 482, 486, 489, 499, 507, 609, 692, Abb. 89.
Häckel=Müllers Stammbaum der Menschenrassen 667.
Häckels Rasseneinteilung 666, 667.
Haff 358, 359.
Hafis=Abra 14.
Hagelbildung 299.
Hagelkörner 300, 302, Abb. Formen der 301.
Hahnentritt 472.
Haide 328.
Haifisch 588, 629.
— =arten 421.
Halbaffen 499, 598, 600, 602, 617, 629.
— =Schädel 220, Abb. Fossiler Halbaffenschädel 620.
— =Skelett 446, 447, Abb. Halbaffenskelett aus der Miocäne 446.
Halbflügler 499.
Halbgötterschaft 10.
Halbschatten 150.
Hall, A. 223.
Haller, Albrecht von 63.
Halley, Edmund 58.
Halleyscher Komet 191.
Halosphaera viridis 486. Abb. 486.
Hals des Wildbaches 344.
Halymenides Arnaudi 521, Abb. 522.
Hamiten 691.
Hamito=Semitische Sprachen 674.
Hamosemiten 691.
Handflatterer 499, 598, 609.
Han=hei, Wüste 330.
Hansen, Peter Andreas 205.
Harding 180.
Harn 570.
Harnhaut 478.
Harraren 691.
Harvey, William 63.
Hase, Sternbild 126.
Hasselberg 184.
Hatterin 629.
Hauptechsen 589.
Hautfaserblatt 476, Abb. Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere 476.
Hautflügler 499.
Hautsinnesblatt 474.
Hebräer 17, 686, 691.
Hebräische Schöpfungssage 17.
Hebungsthal 381, Abb. Thalbildung 381.
Heck, L. 564, 591, 601, 623.
Heer, Oswald 393, 397, 404, 407, 415, 429.
Hefepilze 524.
Heilkunde 33, 34.
Heim, Albert, 286, 346.
Heis, Eduard 107.
Helgoland 357, Abb. Helgoland in seiner heutigen Gestalt 357, Ueberſicht der mutmaßlichen früheren Größe Helgolands 356.
Heliocentrisch 43.
Heliotrop 68.

Heliozoen 489, 492, Abb. Sonnentierchen 499.
Helium 114, 154.
Helminthen 580, 629.
Hemieder 85.
Hera 17.
Herbstäquinoctium 120.
Herbstpunkt 47.
Herbstzeichen 123.
Herculanum, Verschüttung der Stadt 27.
Herero s. Herrero.
Herkules, Sternbild des 122.
— -säulen bei Schweizermühl 395, Abb. 395.
Hermannshöhle 350.
Hermaphroditische Ordnungen 469.
Hermaphroditos 469.
Hermes Trismegistus 33.
Hermetische Schriften 33.
Herodot 26.
Herrero 669, 682.
Herschel, Wilhelm 38, 51, 54, 58, 105, 111, 172, 177, Abb. 51.
— 's Riesenteleskop 52, Abb. 52.
Herz 572.
Herzmuschel 586, Abb. Segellarve einer Herzmuschel und einer Seeschnecke 583.
Hesiod 19.
Hesperornis regalis 439, Abb. 441.
Heterogene Gesteine 371.
Heteromorph 85.
Heterotrichen 494.
Heuristisch 500.
Hevelius s. Hewelcke.
Hewelcke, Johann 56.
Hexagonal 84.
Hexapoda 499.
Himalaya 632, 648.
Himjariten 691.
Himmelskunde 29, 78.
Hindu 22.
Hinterhand 619.
Hipparch 29, 112.
Hipparion 569.
Hippuriten 439, Abb. Kuhhorn-Hippuriten 441.
Hippurites cornuvaccinum 440, Abb. Kuhhorn-Hippurit 441.
His, Wilhelm 660, 662.
Histologie 484.
Historia naturalis 26.
Hitze 132.
Hochdeutsche 690.
Hochstetter, Ferdinand von 271.
Hocke, R. 459.
Höhe 3.
Höhlenbären 655.
— -bewohner 678.
— -löwen 655, Abb. Höhlenlöwen-Skelett 655.
Hörnes, M. 693.
Hohlefels 347, Abb. Hohlefels im schwäbischen Achthal 346.
Hohlkugeln 609, 629.
Hohltiere 399, 573.
Homines 619, 629.
Homogene Gesteine 371.
— Vulkane 248.
Homo primigenius 664.
— sapiens 507.
Holden 229.
Holländisches Fernrohr 49.
Holoëder 85.
Holothuriae 498.
Holothurien 580.
Holotrichen 494.
Holzparenchym 460.
Hornblendeschiefer 375.
Hornitos 244, 245, 247.
Hornplatte 476, Abb. Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere 476.
Horste 384.
Hosemann 45.
Hottentotten 667, 668, 669, 675, 687, 689.
Hünengräber 658.
Huftiere 499, 598, 599.
Huhnembryo 481, Abb. Embryonen verschiedener Wirbeltiere 479.
Humboldt, A. von 37, 79, 554, Abb. 78.
Hunnen 687.
Humus 335.
Hundert-Faden-Linie 639.
Hundsaffen 617, 629.
Hunter 63.
Hurricane 298.
Hutpilz 523, Abb. Unterirdisch vegetierender Hutpilz 525.
Hutton, James 80.
Huxley 92, 586, 604, Abb. 90.
Huygens, Christian 57, 105. 135, 175, Abb. 57.
— Princip 57.
Hyaden 124.
Hyalin 488.
Hydra 126, 574, 610, 629.
Hydractinia carnea 575, Abb. 575.
Hydroidpolypen 402.
Hydromeduse 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Hydropolypen 504, 574.
Hydrostatische Wage 28.
Hylobates 629.
Hylobates agilis 627.
Hyperbel 102.
Hyperboräer 671, 692.
Hyphen 460, 503.
Hypothese 515.
Hypotrichen 494.

I.

Ibn Batuta 32.
Ibn Dschubair 32.
Ichthyopsida 629.
Ichthyornis 439, Abb. 440.
Ichthyosaurus 431, 435, Abb. Skelett des Ichthyosaurus 432, Coprolith eines Ichthyosaurus 433, Ichthyosaurus und Plesiosaurus im Kampfe 434.
Ideale Juralandschaft 432, Abb. 432.
Ideale Kreidelandschaft 440, Abb. 440.
Ideale Landschaft aus der Eiszeit 640, Abb. 640.
Ideale Steinkohlenlandschaft 416, Abb. 416.
Idrisi s. Edrisi.
Igelkorallen 400.
Iguanodon 438, Abb. Iguanodon und Megalosaurus 439.
Il saggiatore, Streitschrift von Galilei 50.
Immen 499.
Imoschagh 691.
Indeciduen 604.
Inder 40, 686, 690.
Indianer 679, 700, Abb. 703, 704.
Indischer Ocean, Aequatorialstrom des 367.
Indo-atlantische Menschenspecies 673.
— -Chinesen 671, 687, 692.
— -Europäer 675, 686.
— -Germanen 662, 690, 693.
— -germanische Rasse, Stammbaum der 690.
— — Sprachen 674.
Indrapura 268.
Indri 617.
Induktion 28.
Infiltrationen 353.
Infusion 494.
Infusionstierchen s. Infusorien.
Infusorien 486, 489, 494, 498, Abb. Kolonie festsitzender Infusorien 494.
Infusorium s. Infusorien.
Inger 586, 588, 614, Abb. 614.
Inlandeis, grönländisches 647, Abb. 647.
Insekten 498, 499, 504, 581.
Insektenfresser 499, 598, 599, 600.
Intercellulargänge 462.
— -räume 461.
— -substanz 465.
Interjektions-Sprachen 627.
Internationale Meteorologen-Kongresse 79.
Interseptalraum 397.
Intramerkuriell 166.
Iranier 686, 690.
Iris 180.
Irländer 690.
Isländische Brücke 633.
Italer 690.
Italiener 687.
Italiker 17.
Italokelten 690.
Iter ecstaticum, von A. Kircher 136.

J.

Jagdhunde, Sternbild 97, 98, 121, Abb. Spiralnebel in den Jagdhunden 97, Ringnebel in den Jagdhunden 100.
Jakobstab 126.
Jakuten 693.
Jal-An-Kabadsch 10.
Janssen, Hans und Zacharias 52.
Janus 17.
Japaner 671, 676, 687.
Java, Vulkane von 267.
Javanischer Urwald 558, Abb. Urwald auf Java 555.
Jayasinha 60, Abb. Gemauerte Sonnenuhr 60.
Jensen, P. 18.
Jerocarno, Erdrisse von 293, Abb. Erdrisse in der Gegend von Jerocarno 293.
Johnray 63.
Johnstone 63.
Jorullo 243, Abb. 243.
Juden 691.
Jukagiren 671.
Julianischer Kalender 48.
Jungermannia 528, Abb. 528.
Jungfernzeugung 468.
Jungfrau 123.
— Sternbild 125.
Junghuhn 558.
Juniperus 543, Abb. Weibliches Organ einer Gymnosperme 543.
Juno 17, 164, 180.
Jupiter 17, 134, 146, 163, 167 ff., 179, Abb. 168, 169, 171.
Juraformation 377, 392, 428, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
— -landschaft, ideale 432, Abb. 432.
— -meer 407, 433.
Jussieu, Bernard de 64.
Justinian I. 31.

K.

Kabadsch 10.
Kabylen 691.
Käfer 499, 556, 568.
Känguruh 594.
Känguruh-Reptil 440, Abb. 440.
Känozoische Formation 377, 378, 440, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Kaffern 667, 668, 669, 687, 692, 700, Abb. 702.
Kaibab-Plateau 342.
Kalahari-Wüste 330.
Kalium, Spektrum des 73.
Kalk 81.
— -gebirge 392.
— -schlamm 336.
— -spat 85.
Kalmücken 670, 671.
Kamel 63.
Kammerlinge 489.
Kammqualle 505, 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Kamtschadalen 671.
Kamtschatka, vulkanische Kette auf 270.
Kanaaniten 686, 691.
Kanäle auf dem Mars 216 ff., 222, Abb. Mars mit einfachen Kanälen 216, Mars mit doppelten Kanälen 217.
Kanikaren 665.
Kaninchen 475, Abb. Keimdarmblase eines 475.
Kant, Immanuel 59, Abb. 59.
— -Laplacesche Hypothese 129.
Kaolin 332.
Karbon 414.
Karbonate 331.
Karpathen 632.
Karstgebiet, Einsturzbeben im 291.
— -trichter 349.
Kassiopeia, Sternbild 120.
Kasuarinen 564.
Katastrophenlehre, Cuviersche 81.
Kaukasier 666, 673.
Kaukasische Rasse 673.
— Sprachen 674.
Kaukasus 632, 648.
Kaulquappen 589.
Kautschukliane 556.
Keimbläschen 472.
— -blatt 474.
— -darmblase 475, 476.
— -darmscheibe 476.
— -formen, Morula- 629.
— -körner 468.
— -leben 451.
— -mund 543.

Keimscheibe 472.
— =schild 475, Abb. Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere 476.
— =zellen 468.
Kelten 687, 690.
Keltiberer 687.
Kelwin, Lord 237.
Kephalopoden 584.
Kepler, Johannes 41, 49, 50, 114, 142, Abb. 41.
Keplersches Fernrohr 51, 54.
Kerngerüst 460.
— =körperchen 460, 473.
Kettengebirge 379, 390, Abb. 379.
— =korallen 407.
— =reihen 491.
Keuper 424, 425, Abb. Vegetationsbild aus der Keuperperiode 425.
Kiefermäuler 508, 587.
Kiefern 545, 554.
Kielvögel 590.
Kiemen 570.
— =bogen 478.
— =darm 580.
— — =würmer 629.
— =lurche 589, 629.
— =wirbeltiere 586.
Kieselalgen 709.
— =gesteine 375.
— =säureverbindungen 331.
— =schlamm von Franzensbad 483.
— =sinter=Terrassen 272, Abb. 272.
Kilauea 262, Abb. Feuersee im Krater des Kilauea auf Hawai 262.
Kircher, Athanasius 135, 136.
Kirchet 339.
Kirchhoff, Gustav Robert 71, 73.
Kirchhoffsche Hypothese 151.
Kirgisen 671.
Kiwi 591, Abb. Schnepfenstrauß 591.
Klamm 339.
Klangfarbe 3.
Klappersteine 332.
Klastische Gesteine 371.
Klein, H. J. 212.
Kleiner Hund, Sternbild 124.
Kleiner Löwe, Sternbild 121.
Kleines Pferd, Sternbild 122.
— Schreckhorn 381.
Kletterhaare 463.
Klettervögel 592.
Klimmhaare 463.
Kljutschew 270.
Kloake 594.
Kloakentiere 499.
Knochen mit Pfeilspitzen 653, Abb. 654.
— =fische 499, 588.
— =hecht 588.
— =zellen 465, 466, Abb. Sternförmige Knochenzellen 466.
Knospung 467.
Koch, G. A. 344.
Köcherfliege 568, Abb. Larven der Köcherfliege 569.
Königshütte, Einsturzbeben in 291.
Kohärenz 135.
Kohäsion 135.
Kohlen=Assimilation 461.
— =flötze 378, Abb. Treppenförmig verworfener Kohlenflötz 378.
— =gebirge, produktives 415.
Kohlenkalk 415.
— =oxydgas 184.
— =säure 374.
— — =verbindungen 331.
— =stoff 455.
— =wasserstoff 183.
Kokosnuß 562.
Kollmann, Julius 506, 662, 697.
Kolowratshöhle 353.
Kolur der Sonnenwende 119.
— — Tag= und Nachtgleichen 119.
Kometen 137, 181 ff.
— =spektrum 77.
— teleskopische 190.
Kompaß 39.
Komplementärfarbe 111.
Komponenten 111.
Konglomerat 335, 375.
Kongostämme 669.
Konjugation 495.
Konstante Linie 236.
Kontakt 294.
Kontinente, Uebersichtskarte der 367, Abb. 368.
Kopernikus, Nikolaus 42, 43, 44, Abb. 42, Stellung und Bewegung der Erdachse nach Kopernikus 44.
Kopffüßer 498, 499, 584.
Koppernigk, Niklas s. Kopernikus.
Kopten 691.
Kopulation 522.
Koraka 669.
Korallen 370, 403 ff., 474, 505, Abb. Korallenzweig 402, 403, Wachstum der Korallen 404, Gastrulation einer Koralle 474.
— =riff 401, 403, 405, Abb. 404, Küsten=, Strand= und Lagunenriffe 405.
— =tiere 399, 400, 498, 573.
Korea=Japaner 671, 692.
Koreaner 671, 691.
Korintjo 268.
Kormophyten 518.
Korrelation 506.
Kosmarien 485, Abb. Vierstrahlige Kosmarie, Fünfstrahlige Kosmarie 485.
Kosmogonie, hellenische 19.
Kosmos 24, 36, 82, 93, 500, Abb. 93.
Kosmotheoros 135.
Kotsteine 432.
Kotzebue=Bai, Gletscher in der 650.
Kotyledon 531.
Kotyledonen 547.
Kowalewsky 578.
Krabben 583, Abb. Krabben=Larve 582.
Kracken 498, 584.
Krakatau, Eruption des 265, Abb. 266.
Krater 256, 257, 270, Abb. Vesuv=Krater 256, 257, Krater des Merapi 269.
Krause, Ernst 86.
Krebs, Sternbild 123, 125.
Krebse 498, 504.
Krebsspinnen 499.
— =tiere 499, 581.
Kreideformation 377, 392, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
— =landschaft, ideale 440, Abb. 440.
— =zeit 438.
Kreuzpolyp 575, Abb. Kreuzpolyp und Cladonema=Qualle 575.
Kriechtiere 499.
Kriegsfeuerwerkskunst 35.
Krokodil 63.
Krone, Sternbild 113.
Kronecker, Dr. Franz 648.
Kronos 19.
Kror 682.
Krustentiere 499, 504, 581, 582.
Kryptogamen 489, 517 ff.
Krystalle 83, 84.
Krystallinische Gesteine 371.
— Schiefer 375.
— Sedimentgesteine 372, 374.
Krystallisation 373.
Ktesias 26, 668.
Küchenschelle, Flugsamen der 471.
Kuenlün 648.
Künstliche Systeme 497.
Küstenriffe 405, Abb. Küsten=, Strand= und Lagunenriffe 405.
Kugelblitze 321.
— =tierchen 475, 610.
Kuhhorn=Hippurit 440, Abb. 441.
Kuleedsch 9.
Kulm 415.
Kulturboden 335.
— =mensch, Zeitalter des 653 ff.
— =rasse 679.
— =völker 681.
Kumanen 687.
Kunowsky 173.
Kupfer 422.
Kurilen, Inselkette der 270.
Kurjaken 671.
Kuro=Siwo 367.
Kurumbas 665.
Kurzflügler 499, 592.
Kurzköpfige Menschen 666.
Kyffhäuserhöhle 350.

L.

Laacher See 248.
Labyrinth 571.
Labyrintodonten 424, Abb. 423.
Lacaille, Nic. Louis 58.
Längenkreise 29.
Längsspalten 645.
Lärchen 545, 554.
Lagaelik 9, 10.
Lagermoose 526.
Lagrange 57.
Lagunenriff 405, Abb. Küsten=, Strand= und Lagunenriffe 405.
Lak 682.
Lamarck, Johann Baptist 82.
Lampreten 186, 588, 614.
Landes 328, 359.
Landpflanzen 517, Abb. Aelteste Landpflanze 517.
Laneedsch 9.
Langköpfige Menschen 666.
Lanzelot 587.
Lanzerote, Insel 482.
Lanzettfisch 612, Abb. Entwickelungszustände eines Lanzettfisches 613.
— =tierchen 504, 586.
Lapilli 245, 252.
Laplace, Pierre Simon 57, 59, 130, 183.
Lappen 670, 687, 692.
Lappinge 489.
Lateiner 690.
Latent 451.
Laubfarne 497, 502, 532, 537.
— =körper 518.
Laubmoose 497, 502, 526, 528, Abb. Reproduktionsorgane eines Laubmooses 529.
Laufvögel 590, 592.
Laurentinische Formation 411.
Laut=Sprachen 627.
Lava 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
— =kuppe, glockenförmige 248, Abb. 247.
— =schnitt 252, Abb. Mikroskopischer Lavaschnitt 252.
— =ströme 250.
Lavinen 649.
Lavoisier 65, 194.
Leben, animalisches 452.
— geistiges 452.
— pflanzliches 452.
— psychisches 452.
— tierisches 452.
— vegetatives 452.
Lebensbaum 545.
Lebensgeschichte der Gestirne 115.
Leberkraut 528.
— =moose 497, 502, 526.
— =zellen 465.
Lebewelt 451 ff.
Lebewesen, niedrigste 481 ff.
Lecithocrinus Eifelianus 421, Abb. 420.
Ledschman 9.
Leerer Raum 330.
Leeuwenhoek, Anton 63, 495.
Leguane 438.
Lehm 375.
Leier, Sternbild 122.
Leitfossile 413.
Leitstrahl 143.
Lemur 603.
Lemuraviden 606.
Lemuren 629.
Lemurien 665.
Lemurische Landbrücke 633.
Leo, Sternbild 125.
Leonardo da Vinci 63.
Leonicenus, Nicolaus 63.
Lepas 583, Abb. Nauplius= und ausgebildete Form eines Rankenkrebses 584.
Lepidodendron, Abb. Rindenstück von Lepidodendron 536, Wurzel und Stammende eines Lepidodendron 538.
Leptothrix parasitica 486, Abb. 486.
Lepus, Sternbild 126.
Lescarbault 166.
Le stelle von Secchi 76.
Letten 690.
Lettoslaven 687, 690.
Letztes Viertel des Mondes 204, Abb. Photographische Aufnahme des Mondes 208.
Leuckart 498.
Leudsch 9, 10.
Leverrier 68, 165.
Lexell, Komet 191.
Leyer, Sternbild 98, Abb. Ringnebel in der Leyer 101.
Liasformation 429.
Liasmeer 431.
Libelle 374.
Libra, Sternbild 125.
Librationen 51, 203.
Licht, Wellenbewegung des 57.
— =abschluß 513, Abb. Wirkung des Lichtabschlusses auf Pflanzen 513.
— =empfindung 1.
— =kugelhülle 150.

Lick-Sternwarte 70.
Lidebit 10.
Liebler 182.
Lieutaud 63.
Limnetis 583, Abb. 583.
Lineare Erdbeben 294.
Linien, seismische 294.
Linné, Karl 64, 82, 90, Abb. 64.
Lino 9, 10.
Linthgletscher 641.
Liparen 261.
Lippen 624.
Lippenfüßer 499.
Lippershey, Hans 41.
Lissotriches 668, 692.
Lister, Martin 80.
Litauer 687, 690.
Littorale Bildung 358.
Liven 687.
Livistonia 562, Abb. 561.
Llano Estacado 330.
Llanos 328.
Lobosen 489, 491.
Lockenhaarige 666, 668.
— Abart 667.
Lockenvölker 692.
Loduio 10.
Löß 325, 375, Abb. Lößschlucht in China 325.
Lößmännchen 325.
Lößschlucht s. Löß.
Löwe 706.
—, Sternbild 123, 125.
Loewy, M. 69.
Logan 410.
Lohblüte 402.
Lophocomen 668.
Lorbeerbäume 562.
Lori 617, 629.
Lubienicius 181, 187.
Luchs, Sternbild 121.
Luft 296 ff.
— -rohrtiere 504, 581, 582.
— -steine 192.
— -strömungen 296.
— -wirbel 297.
Lugnas, untercambrische Sandsteine von 411.
Lugoloff 10.
Lungen 570.
— -wirbeltiere 586.
Lurche 499, 587.
Lurchfische 427, 499, 504, 586, 587, 615, 629, Abb. 426, 614.
Lurag, Höhle von 350.
Lurlochhöhle 350, Abb. Querdurchschnitt der L. 352.
Lybier 691.
Lycopodinae 537.
Lycopodinen 537.
Lycopterideen 540.
Lyell, Charles 82, 293, 637, Abb. 81.
Lykier 687.
Lymphkörperchen 466.
Lymphoidzellen 466.
Lyra, Sternbild 122.

M.

Maare 248.
Madagaskar 601.
Madreporen 403, Abb. 401.
Mäandrinen 403.
Mädler 160, 230.
Magelhaes, Ferdinand 61.
Magelhaes'sche Wolken 127.
Magnesia 332.
Magnesium 76.
Magnet 137, 138.
Magnetismus 25, 64.
Magnetnadel 39.
Magnetometer 68.
Magnetstein 26.
Magosphära 629.
Magosphaera planula 486, 495, Abb. 486.
Magyaren 671, 687, 692.
Mainzer Becken 450.
Maki 617.
Makowsky, 651.
Makrokosmos 24.
— -sporangien 532, 548, Abb. Charakteristische Organe der Rhizocarpeen 532.
— -sporen 544, 549.
Malayen 666, 667, 668, 670, 682, 687, 692, 699, Abb. Malayenmädchen 697, Malayen von Padang-Oberland 698.
Malayochinesen 687.
— -Polynesier 675.
Malaphyr 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Mallet, R. 239.
Mallotheria 598.
Malmformation 429.
Mammalia 499, 629.
Mammut 651, Abb. Sibirisches Mammutskelett 652.
— Zeitalter des 655.
Mammutbaum 547.
Mammutshöhle bei Green-River 353.
Mandeln 332, 337.
Mangle-Baum 710.
Mangrove-Baum 710.
Manteltiere 498, 499, 500, 581, 588, 612.
Maori, Schöpfungssage der 11.
Marchantia pyomorpha 525, Abb. 528.
Marchantien 526.
Marderkatze 600, Abb. 600.
Marduk 18.
Mare frigoris 210.
— humorum 210.
— serenitatis 210.
Marinus von Tyrus 30.
Markfurche 476, Abb. Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere 476.
Markrohr 476, Abb. 476.
Marmor 411.
Marokkaner 691.
Mars 17, 69, 134, 142,, 146, 163, 179, 215 ff. Abb. Mars mit einfachen Kanälen 216, Mars mit doppelten Kanälen 217, 224, 225.
Marsbewohner s. Martier.
Marschallinsulaner, Schöpfungssagen der 9.
Marsh, O. C. 569.
Marsilia Marioni 534.
Marsilie 532, Abb. 532.
Marskanäle 216 ff., 222, Abb. 216, 217.
Marsupialien 617, 629.
Martier 221.
Massengesteine 371.
Mastigophora 498.
Mastigoten 489.
Mastodon 447, 448, Abb. Ideallandschaft der Pliocäne 446.
Materie, Begriff der 23.
Mathematik 28, 40, 67.
Matterhorn 383, Abb. 383.
Mauerquadrant 46, Abb. 45.
Maulbeer-Kugel 699.
Mauna Loa 262, 263.
Mauren 691.
Maury, M. F. 365.
Max, Gabriel 630.
Maximalthermometer 643.
Maxwell, Clerk 176.
Mayer, Christian 58.
—, J. R. 161.
Mechanik des Himmels 132.
Meckel 63.
Meder 687.
Mediterranmenschen 673.
Medium 140, 161.
Medizin 63.
Medullar-Rohr 476.
Meduse 574, Abb. Entwickelung einer 576.
Meer 356 ff.
Meerdrachen 429.
Meeresalgen 519.
— -brandung 357, Abb. Wellenbrechung 355.
— -grund 362, Abb. Die Photographie des Meeresgrundes 363.
— -strömungen 367.
—, Uebersichtskarte der 367, Abb. 368.
Meerkatzen 605, Abb. 604.
Meerleuchten 495, 496, Abb. 495.
Megalosaurus 439, Abb. 439.
Megatherium 450, 598, Abb. 449.
Melanochroen 676.
Melanophyceen 519.
Melanospermen 519.
Melaphyr 375.
Melethallien 489.
Membran 455, 459.
Membranschicht, äußere 470.
Meningos 497, 502, 547.
Menobranchus 615.
Mensch 15, 499, 504, 505 600, 619, 629.
Menschenaffen 600, 618, 620, 629.
Menschenarten 505.
Menschen-Embryo 480, 481, Abb. 479.
Menschengeschlecht, Stammbaum des 609.
—, Uebersicht der Stammreihe des 629.
Menschenhai 588, Abb. 587.
Menschenrassen 666, 667.
— Häckel-Müllers Stammbaum der 667.
Menschenschädel 657, Abb. 657.
Menschenskelett 621, Abb. 621.
Merapi, Krater des 268, Abb. 269.
Mergel 375, 431.
Meridian 30, 46.
Meridiankreis 46.
— verbesserter 67, Abb. 67.
Merkur 69, 134, 146, 163, 166, 167, 179.
Mesoderm 475, 476.
Mesophyten 525.
Mesopotamier 691.
Mesozoische Formation 377, 378, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Mesozoisches Zeitalter 423.
Meßkunde, chemische 65.
Metallschmelzungen durch Blitz, 321, Abb. 321.
Metameren 614.
Metazoen 611.
— wirbellose 629.
Metamorphische Gesteine 372, 374.
Meteore 192.
Meteorfall 194, Abb. 193.
Meteoriten 137, 193 ff.
Meteorkugel 192, Abb. 192.
Meteorologen-Kongresse, internationale 79.
Meteorologie 79.
Meteorsteine 192.
Metrodorus 26.
Mettenberg 380, Abb. Querprofil des 381.
Meyer, A. B. 675.
— W. 115.
Michaelisturm zu Hamburg 141.
Middle Island 270.
Migrationstheorie 688.
Mikronesier 676.
Mikrokosmos 24.
Mikrophyle 543.
Mikroskop 52.
Mikrosporangien 532, Abb. 532.
Milben 499.
Milchdrüsen 571.
Milchstraße 105 ff., 128, Abb. 107.
Milet, Anaximander von 20.
Miliola 394.
Milleporen 402, 403, Abb. Elengeweihähnlicher Milleporenstock 402.
Milne-Edwards 457.
Milzbrandbacillus 491.
Mimicry, 567, Abb. Bäumchenschnecke 567, Ein Beispiel von Mimicry 568.
Mineralboden 335.
Mineralgänge 333.
Mineralogie 34.
Mineralschutt 335.
Mineralogene Gesteine 371.
Mingrelier 673.
Miocäne 440, 445, Abb. Ideale Landschaft der 445, Halbaffenskelett aus der Miocäne 446.
Mira 114, 126.
Mirach 121.
Mississippi-Delta 355.
Mitchell 110.
Mittelländer 668, 673, 675, 688.
Mittelländische Rasse 667.
Mittelmoränen 643.
Mittelpflanzen 525.
Mixomyceten 523.
Moa 591, 705, Abb. 590.
Moderne Eruptivgesteine 375.
Mohammed al Rasi 34.
Mohave-Wüste 330.
Moissan 373.
Molasse 336.
Molche 616.
Molchfisch, afrikanischer 588.
— amerikanischer 588.
— australischer 588.
Molekel 65, 66.
Molekulartheorie 83.
Mollusca 498, 499.
Mollusken 422.
Mond 22, 117, 134, 146, 203 ff., Abb. 207, 208, 209.
— -beschreibung 56.
— -krater 208, 210, Abb. Das Innere eines Mondkraters 207.
— -landschaft 211, Abb. Ideale Mondlandschaft bei Anbruch des Mondtages 209.
— -messungen 208.
— -phasen 204.
— -spektrum 77.
— -tafel des Hipparch 29.
Moner 500.
Moneren 457, 459, 467, 468, 609, 629.
Mongolen 666, 667, 668, 671, 675, 681, 687, 688, 692.
Mongolischer Mensch 670.
— Typus 700.

Mongolisch-tatarische Völker 687.
Mongoloider Typus 676.
Monismus 92.
Monobion 483.
Monoceros 126.
Monochord 28.
Monocystis 491, Abb. 491.
Monoglotte Menschenrassen 687.
Monographie der Moneren 482.
Monoklin 85.
Monokotyledonen 497, 502, 547.
Monokotylen 501.
Monophyletisch 500.
Monosyllabe Mongolen 671.
Monotheismus 17.
Monotremen 593, 617.
Monsun 297.
Mont-Cenis-Tunnel 234.
Monte Rosa, Gletscher des 642.
— Somma 256.
Monumentenpark 338.
Moose 497, 500, 517, 526, 556.
Moostange 497, 500, 520.
— -tiere 499.
Moräaden 609.
Moränen 643.
Morgagnische Taschen 623.
Morgenländische Tiere 62, Abb. 62.
Morphologie 501.
Morula 475, 609.
— -Keimformen 629.
Mosambiquevölker 669.
Mosasaurus 438.
Motorische Fasern 571.
Mount Taravera 270.
— Terror 254.
Müller Friedrich 508, 630, 666, 673.
— Fritz 91.
— Johann 38, 458, 586.
— -Thurgau 461.
Münster, Sebastian 35, 62.
Mulde 379.
Muldenthal 381, Abb. Thalbildung 381.
Mungos 705.
Mur - de - Barrez, Silexbrunnen von 654, Abb. 653.
Mureaux, Dolmen von 663, Abb. Schädel aus dem 664.
Muren 344.
Muscheln 498, 499, 504, 584.
Muschelkalk 392, 424, Abb. 392.
— -tierchen 494, Abb. 494.
Muskeln 571.
Mycelium 460.
Mycetozoen 489, 492.
Mylodon 450, 598, Abb. 449.
Myophorien 424.
Myriopoda 499.
Mysticismus 34.

N.

Nabelblase 476.
— -höhle 350.
Nachei 472.
Nacktlurche 589.
— -samer 497, 500, 543.
Nadelhölzer 497, 502, 543, 545.
— -wälder, Zeitalter der 545.
Nagelfluh 336.
Nager 499, 598, 599.
Namaka 669.
Nansen 646.
Narbe 548.
Nasenaffe 605, Abb. 607.
Natürliche Systeme 497.
Natrium 76.
— -dampf, Spektrum des 73.
Natur, belebte s. Lebewelt.
— und Wissenschaft 21 ff.
Naturerkenntnis 79.
—, Fort- und Rückschritte der wissenschaftlichen im Mittelalter 31 ff.
—, heutige Stand der wissenschaftlichen 66 ff.
—, neuzeitliche Entwickelung der wissenschaftlichen 40 ff.
—, wissenschaftliche im Altertum 25 ff.
Naturforscher 63.
— -völker 681, 684.
Nauplius 582, Abb. Nauplius und ausgebildete Form eines Blattfüßers 583, Nauplius und ausgebildete Form eines Rankenkrebses 584, Nauplius und ausgebildete Form eines Wurzelkrebses und eines Ruderkrebses 585.
Nautik 58.
Nautiliden 413, 429, Abb. Orthoceras neptuneum 412.
Neanderthalschädel 449, 663, Abb. Mutmaßliches Gesicht des Neanderthalers 662, 663.
Nearktischer Kontinent 434.
Nebel 299.
—, planetarischer 99, Abb. 98.
— -flecke 93 ff.
— —, Spektrum der 77.
Nefud 330, Abb. Die Sandwüste Nefud in Arabien 329.
Neger 624, 662, 668, 669, 675, 687, 692, 698, 700, Abb. Negerin aus Ruanda 700.
—, F. W. 514.
Negrito 699.
Negroider Typus 675.
Nehrung 359.
Nelkenkorallen 400.
Nemathelminthes 498.
Nemertina 611, 629.
Neogen 447.
Neolithische Zeit, Schädel aus der 663, Abb. 664.
Neoplagiaulex 444, Abb. Unterkiefer von 444.
Neptun 134, 146, 178, 179.
Neptunismus 80.
Neptunisten, Schule der 331.
Nerven 571.
— -centrum 571.
Nesseltiere 504, 573, Abb. Hauptformen der 574.
Netzflügler 499.
Neuägypter 691.
Neuerde 211.
Neumayr, Melchior 433, 636.
Neumond 204.
Neunauge 588, 629.
Neuseeland 270, 601.
Neutertiär 447.
Neutrale Protisten 501.
Newcomb 166.
Newton, Isaak 54, 55, 137, 590, Abb. 54.
Newtonsche Fernrohr 54.
Ni 9.
Nicolaus Leonicenus 63.
— von Cusa 37.
Niederdeutsche 690.
Niedere Wirbeltiere 629.
Niederländer 690.
Niederschläge 299.
Niedertiere 611.
Niedrigste Lebewesen 481 ff.
Nieren 570.
Nierenkanäle 582.
Niessen 228.
Nigritier 669, 673.
Nikander 26.
Nil-Delta 355.
Ninn 10.
Noctiluca miliaris 495, Abb. 495.
Nördliche Krone, Sternbild 122.
Nördlicher Sternhimmel 56, Abb. 55, 120.
Nomenklatur, binäre 64.
Nonius 38.
Nordaraber 691.
Nordasiatische Völker 687.
Nordische Tiere 62, Abb. 61.
Nordsemiten 686, 691.
North Island 270.
Nototherium 619, Abb. Schädel des N. 619.
Novemberschwarm 198, Abb. 198, 199.
Nubier 667, 668, 672, 673, 687, 693.
Nucleolen 460.
Nucleolus 473.
Nulliporen 403, 404.
Nummuliten 370, 442.
— -kalk 397, 631, Abb. 397.
Nummulites mammillata 487, Abb. 488.
Nutation 58.

O.

Oberdevonformation 413.
Oberhaut, menschliche 465.
Oberkörper 624.
Obertiere 611.
Obertöne 3.
Objektiv 51.
Obsidian 375.
Oceanische Menschenrassen 667.
Ochsensaurier, dreigehörnte 439.
Ocular 51.
Oculina flabelliforma 400, Abb. 400.
Oedogonium 469, Abb. Verschiedene Schwärmsporen 469.
Oefen 339.
Oelpalmen 556.
Oersted, Hans Christian 65.
Offenblühende 518.
Okba 125.
Oktanten 531.
Olbers 180.
Olbersscher Komet 191.
Oligocäne 447.
Olivingesteine 375.
Olm 629.
Olynthus 505, 610, 611, 629, Abb. 611.
Omnivoren 599, 701.
Omphyma subturbinatum 412, Abb. 411.
Ontogenie 92, 501.
Oogonium 469.
Oosphären 469.
Oospore 469, 544.
Ophiuchus, Sternbild 122.
Optik 28, 70.
Opus majus von Roger Bacon 39.
Orang 618, 629.
Orang - Utang 606, Abb. Orang, altes Männchen 605.
Orchideen 556.
Ordnungen, hermaphroditische 469.
—, zwitterhafte 469.
Organisches Leben, Ursprung des, auf der Erde 451 ff.
Organische Welt, Entwickelungsreihe der 497 ff.
Orientierung der Blätter 513.
Orion, Sternbild 97, 98, Abb. Nebel im Orion 99.
—, Sternbild des 126.
Ornithorhynchus paradoxus 595.
Orthis hybrida 413, Abb. 414.
Orthoceras neptuneum 413, Abb. 412.
Orthognathen 666.
Oscillatoria Froelichii 486, Abb. 486.
Oscillarien 489.
Osiander 45.
Osmanen 687, 692, 693.
Ostaffen 600, 605.
Ost-Arier 686.
Ostasiatische Menschenrassen 667.
Ostsemiten 686.
Astströme 367.
Ovarium 468, 548.
Ovis 507.
Ovulum 544, 548.
Ozon 323.

P.

Paalstäbe 658.
Paarnasen 587, 588.
Paarzeher 499.
Paläogen 447.
Palaeoniscus 422, Abb. 422.
Paläontologie 501.
Paläontologische Entwickelung des Pflanzenreiches 484.
Paläotherium 442, Abb. 443.
Paläozoische Formation 411, 377, 378, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Palästiner 691.
Palissadenparenchym 460.
Pallas 134, 164, 180.
Palmen 556, 562.
Palmieri 290, 295.
Palus somnii 210.
Pampas 328.
Pandorina 484, Abb. Niedere Algen 484.
Pandorina morum 470.
Pantopoda 499.
Panzerlurch 421, 589, Abb. Fossiler Panzerlurch 420.
Papa 11.
Papua 667, 668, 675, 687, 689.
Parabel 102.
Paracelsus, Theophrastus 105.
Paradies 35.
Paradoxides bohemicus 412, Abb. 411.
Parasitismus 519.
Pardelkatzen 567.

Parenchym 461.
Pariser Reflektor 69, Abb. 68.
Parsons, William 98.
Parthenogenesis 468.
Passate 296.
Patagonier 671.
Pathologie 663.
Paulotomeen 489.
Paviane 605, Abb. Drill-pavian 602.
Pechsteine 375.
Pedanius Dioskorides 26.
Pediastrum pertusum 487, Abb. 488.
Pegasus, Sternbild 120.
Pegonie 706.
Penck, Albrecht 639.
Penumbra 150.
— der Sonnenflecken 156.
Periblem 516.
Peridinium tripus 487, Abb. 488.
Périgord, Höhle von 653.
Perihel 165.
Peritrichen 494.
Perlite 375.
Permformation 421.
Perser 687.
Peruaner 676.
Peschel, Oscar 358, 675.
Petromyzon 629.
Petschenegen 687.
Pfahlbauweib 660, Abb. Die „Frau von Auver-nier" 661.
Pfahldörfer 656.
Pflanzen 501.
Pflanzenfressende Beutel-tiere 593.
Pflanzengeographie 549.
Pflanzenkunde 33, 63.
Pflanzenmoneren 485.
Pflanzenreich 509 ff., 710.
Pflanzenstöcke 468.
Pflanzentiere 498, 503, 504, 573.
Pflanzenzelle 459, 460, Abb 461.
Pflanzliches Leben 452.
Phanerogamen 497, 501, 503, 517, 518, 542.
Pharmacie 34.
Philosophiae naturalis principia mathematica von Newton 56.
Philosophie zoologique von Lamarck 82.
Phlegräische Felder 240, Abb. 241.
Phlogiston 65.
Phobos 223.
Phöniker 686, 687, 691.
Phokis, Erdbeben von 286.
Phosphorit 375.
Photographie 78.
Photosphäre 150.
Phycomyceten 523.
Phyle 504.
Phyllit-Formation 411.
Phylogenie 92.
Phylum 500.
Physik 64.
Physiologie 63.
Phytogene Gesteine 371.
— Protisten 501.
Phytomoneren 457, 485, 486, 489.
Piazzi 68, 179.
Picard 55.
Pickering, William 111, 176.
Pico von Mirandola 41.
Pic Teneriffa 241, Abb. 242.
Pilze 497, 500, 503, 517, 523.
— einzellige 489.
Pilzkorallen 400.
Pilztiere 489, 492.
Pinguin, Tiefseeforschungs-Expedition des 366.
Pinien 545.
Pinkert 626.
Pinus 545.
Pisces 125, 499.
Pithecanthropi 618, 629.
Pithecanthropus alalus 630, Abb. 627, 628.
— erectus 620.
Placenta 499.
Placentaliengebiß 606.
Placentaltiere 499, 593, 598.
Plagiaulax 619, Abb. 619.
Planetarische Menschenge-schlechter 219.
— Nebel 99, Abb. 98.
Planeten 22, 68, 69, 133, 163 ff., Abb. 163.
Planetenbewegung, Theorie der 142.
Planetenspektrum 77.
Planetoiden 164.
Planulaten 435.
Plasmabauer 457.
Plasmafresser 457.
Plasma-Synthese 485.
Plasmodien 469.
Plasmodomen 457.
Plasmogonien 455.
Plasmophagen 457.
Plastiden 483.
Plastidenstöcke 483.
Plastidul 485.
Plastischer Thon 336.
Plateau 170.
Platelminthes 498.
Plato 30.
Platoden 610, 629.
Plattdeutsche 690.
Plattentiere 610, 629.
Plattfüßige Wilde 625.
Plattnasen 605.
Plattwürmer 498, 580.
Platyrhinen 605.
Pleistocän 447.
Plejaden 29, 124, 260, Abb. 124.
Plerom 516.
Plesiosaurus 435, Abb. 433, 434.
Pleurodictyum problematicum 413.
Pleurotomaria anglica 429, Abb. 428.
Plinius 26 ff., 63.
Pliocäne 440, 446, 447, Abb. Ideale Landschaft der Pliocäne 446.
Pliopithecus antiquus 620.
Plutonismus 80.
Po-Delta 355.
Poe, Edgar 137.
Point Sublime 342.
Polarlichtspektrum 77.
Polarmenschen 671, 692.
Polarstern 120.
Polen 690.
Polierte Steine, Zeitalter der 656.
Polkörperchen s. Centrosoma.
Pollux 118, 124.
Polyglotte Menschenrassen 687.
Polymedusae 498.
Polynesier 670, 682.
Polypen 574.
Polyphyletisch 500
Polypterus Bichir 429.
Polypus 399.
Pompeji, Verschüttung der Stadt 27.
Polysyllabe Mongolen 671.
Polythalamien 393, 394.
Polytheismus 11.
Pons-Brooksscher Komet 191.
Populäre Himmelskunde 139.
Porphyr 81, 375, 391.
Porphyrische Eruptivgesteine 375.
Porphyrit 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erd-rinde 377.
Porphyr-Kuppen 248, Abb. 248.
Porzellanerde 332.
Posidomanya 435.
Posidonius 30.
Posttertiäre Eruptivgesteine 375.
Potonnié, Dr. 546.
Prachtkäfer 430.
Präcisionsuhren 25.
Prairien 328.
Preyer, Wilhelm 459.
Pricken 588.
Priestley 65.
Primäre Gewebe 465.
Primärzeit 378, 391, 629.
Primaten 598.
Primitivstreifen 476.
Primordialmutterzelle 515.
Primordialrinde 516.
Primordialzeit 378, 629.
Probionten 485, 489.
Prochordonier 611, 629.
Procyon 118, 124.
Prodromus Astronomiae von Hevelius 56.
Produktive Kohlenforma-tion 415.
Progaster 475.
Prognathen 666.
Progression 159.
Promalayen 670, 692.
Promammalia 427, 617, 629, Abb. 617.
Prophysema primordiale 610, Abb. 610.
Proreptilien 616, 629.
Proselachier 588.
Prosenchym 460.
Prosimiae 617, 629.
Protamnioten 616, 629.
Protamöben 629.
Proteus 615, 629.
Prothallium 502, 526, 530, 531, Abb. Prothallium eines Farnkrautes 530, Prothallium von Equi-setum 531.
Prothallota 501, 502.
Prothalluspflanzen 501.
Protisten 501.
— neutrale 501.
— phytogene 501.
— zoogene 501.
Protistenreich 483, 500.
Protobien 485.
Protomyxa aurantiaca 482.
Protonema 528.
Protophyten 485, 487, 500.
Protoplasma 455, 459, 501.
Protopterus 629.
Protos 485.
Protozoen 485, 498, 500, 611, 629.
Protuberanzen 153, 155, Abb. Sonnenprotuberan-zen 152, 153.
Provertebrata 614.
Pseudoparenchym 460.
Psychisches Leben 452.
Pterichtys cornutus 414, Abb. 415.
Pteridinen 537.
Pterodactylus 432, Abb. 432.
Pteropoda 499.
Ptolemäische Epicyklen 30.
Ptolemäisches System 30.
Ptolemäus, Claudius 29, 30, Abb. Weltsystem nach Ptolemäus 30.
Pultusk, Steinregen von 196, Abb. 196.
Pulver-Maar 248.
Purbach, Joh. Georg 38.
Pusta 328.
Puys, Kette der 249.
Pygmäen 26, 668.
Pyrrha 15.
Pythagoräische Schule 28.
Pythagoras 22.

Q.

Quadersandstein 395, Abb. Die Bastei in der Säch-sischen Schweiz 394, Die Herkulessäulen bei Schwei-zermühl 395.
Quadrant 46, Abb. 45.
Quadrula 492.
Quallen 402, 574.
Quallenpolypen 498, 574.
Quartärzeit 378, 398, 629.
Quarz 81, 332, 371.
Quarzit 375.
Quarzporphyr 375, 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Quarzsandstein 395.
Quastenflosser 615, Abb. Quastenfisch aus dem oberen Nil 614.
Quatrefages 656.
Quecksilber 76.
Quercy, Halbaffenskelett im Miocän von 603.
Querspalten 645.
Quhrekan 16.
Quirinus 17.

R.

Radial 303.
Radiata 498.
Radiolarien 393, 487, 489, 492.
Radius vector 143.
Radulinen 526.
Radwürmer 580.
Rädertiere 499.
Räderuhr 39.
Randspalten 645.
Rangi 11.
Ranke, Johannes 505, 622, 634, 658, 675.
Rankenkrebs 583, Abb. Nauplius- und ausge-bildete Form eines Ran-kenkrebses 584.
Rankenmoos 539.
Rapilli 245, 252.
Ras Algethi 122.
Ras Alhagur 122.
Rassen 507, 666, 667, 673.
Rassenbildung 508.
Ratan 558.
Rath, G. vom 290.
Rathke 586.
Ratte 705.
Ratzel 677, 681, 684.
Raubmoneren, animale 485.
Raubtiere 498, 598, 600.
Raubvögel 592.
Rauhe Alb, Hochebene auf der 386, Abb. 386.
Raupen 568, Abb. 569.
Reaktivpapier 245.
Reblaus 705.
Receptakeln 528.
Reclus, Elisée 219.
Rektascension 46.

Reflektoren 54, 69, Abb. Großer Pariser Reflektor 68.
Refraktoren 54.
Regelation 644.
Regen 299.
Regiomontanus 38, Abb. 37.
Regulär 85.
Regulus 118, 125.
Religion 683.
Rentier 659.
Rentierzeit 655.
Reptil, gehörntes, aus der Kreidezeit 438, Abb. 438.
Reptilia 499.
Reptilien 504, 586, 589. 629.
—, echte 421.
Reseda 706.
Reußgletscher 641.
Revolutionszeit 144.
Rhabdocoela 629.
Rhätische Formation 392.
Rhamphorhynchus 431, Abb. 431.
Rheingletscher 641.
Rhizocarpeen 532, 534, Abb. Charakteristische Organe der Rhizocarpeen 532.
Rhizoiden 528.
Rhizomoneren 489.
Rhizophora 710.
Rhizopoden 393, 394, 489, 491, 498.
Rhodospermen 519.
Rhodophyceen 519.
Rhônegletscher 645, Abb. Gletscherspalten und Gletscherbrücken am Rhônegletscher 645.
Ricciaceen 526.
Riesenalk 590, 705.
Riesenbambus Abb. Riesenbambus auf Ceylon 558.
Riesenfaultiere 598.
Riesenfernrohr in Treptow 69, 70, Abb. 69, Montierung des Riesenfernrohres 70.
Riesenhalme 536.
Riesensalamander 589.
Riesenschildkröte 450, Abb. Riesenschildkröte 447.
Riffzelle 465.
Rigel, Sternbild 121.
Rillen 206.
Rindenparenchym 460.
Ringe 581.
Ringelerze 333.
Ringeltiere 581, 582.
Ringelwürmer 498, 499, 580.
Ringwall 247, Abb. Schematischer Querschnitt eines Vulkans 247.
Rippenquallen 505, 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Rivinus 64.
Robben 600.
Rochen 429, 588, Abb. Roche aus der Jurazeit 429.
Röhrenherzen 499, 587.
Römer, Claus 57.
Römer, Schöpfungssage der 16.
Roger Bacon 39, Abb. 39.
Rohboden 335.
Rohrherzen 586, 587.
Rohr, spanisches 558.
Romanen 690.
Rondelet, Wilhelm 63.
Roß, James Clarke 254.
Rosse, Earl of s. Parsons.
Rotalia veneta 491, Abb. 490.
Rotang 558.
Rotation 59.
Rotations-Sphäroide 133.
Rotationszeit 144.
Rotatoria 499.
Rotbuche 552.
Rote Rasse 666.
Roter Löwe 34.
Rote Wüste 330.
Rothäute 671.
Rothuhn 591.
Rotliegendes 422.
Rotomachana, See 271, 272.
Rottange 497, 500, 519.
Rottanne 554.
Rubidium-Spektrum 73.
Ruderkrebs 583, Abb. Nauplius- und ausgebildete Form eines Ruderkrebses 585.
Rudimente 523, 568.
Rückenmark 571.
Rüsselwürmer 580.
Ruffinen 344.
Rugosen 412, Abb. Omphyma subturbinatum 411.
Ruhecyste 488.
Rumpfsegmente 581.
Rundmäuler 499, 504, 586, 588, 614, 629.
Rundwürmer 498, 580.
Russen 48, 690.

S.

Saccopharynx pelicanoides 369.
Sacculina 583, Abb. 585.
Sachsen 690.
Sacktiere 499.
Säugerreptilien 616, 629.
Säugetiere 498, 499, 504, 586, 593, 629.
Säugetier-Ei 473, Abb. Furchungszellen des 473.
Säugetierkeim 477, Abb. Schematische Längsschnitte durch den reifenden Säugetierkeim 477.
Säulenbildung im Quadersandstein 395, Abb. Die Herkulessäulen bei Schweizermühl 395.
Sagenopteris 534, Abb. 534.
Sagittarius 125.
Salamander 616, 629.
Salpae 499.
Salpen 499.
Salvinia 531.
Salzsteppe 328.
Salzwüste 328.
Samariter 691.
Samen 468.
— -anlage 548.
— -pflanzen 542.
— -zelle 471, Abb. Eizelle des Menschen, Befruchtung des Säugetier-Eis durch die Samenzelle 471.
Samojeden 671.
Sand 335, 375.
— -stein 336, 371, 375.
— — -felsen 396, Abb. Sandsteinfelsen bei Adersbach 396.
— -wüste 328, Abb. Die Sandwüste Nefud in Arabien 329.
Santorin, Vulkan von 261, Abb. 263.
Saporta-Marion 484.
Sarasin, Fritz 668.
—, Paul 668.
Sarcinae 491.
Sarcodina 498.
Sargasso-Meer 366.
Sarkodetierchen 498.
Sarmaten 687.
Satelliten 117.
Sattel 379.
Saturn 134, 146, 170ff., 179, Abb. Die Planeten 163, 172, Saturn mit Ringkante 173, Saturnphasen 174, Darstellungen des Saturn 175.
— -monde 176, 177.
— -ringe 175, 176.
Sauerstoff 65.
Saugfüßchen 575.
Sauromammalia 616, 629.
Saussure, Henry de 246.
Savannen 328.
Savonarola 41.
Schaafhausen 634, 757.
Schachtelhalme 541.
Schädel 625.
— -lose 499, 504, 586, 587, 613, 629.
— -tiere 587 614.
Schaf 507.
Schaftfarne 497, 502, 536.
Schafthalme 536.
Schallempfindung 1, 3.
Schangallas 673.
Schankori 604, Abb. 600.
Schatten 150.
Scheibenqualle 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Scheidethal 381, Abb. Thalbildung 381.
Scheiner 49, 54.
Schendling, C. 564, 594.
Scheuchzer 448.
Schiaparelli, G. V. 68, 228.
Schichtengesteine 251.
Schieferige Gesteine 371.
Schieferthon 336, 375.
Schiefzähnige Menschen 666.
Schiffahrtskunde 58.
Schiff Argo, Sternbild 126.
Schild des Sobieski, Sternbild 125.
Schilddrüse 581.
Schildfarn 531, Abb. Sporenkapsel des Schildfarn 531.
Schildkröten 429, 589.
Schildtiere 581.
Schimmelpilze 524.
Schimpanse 606, 618, Abb. Schimpanse-Weibchen 606.
Schlange, Embryo der 481, Abb. Embryonen verschiedener Wirbeltiere 479.
Schlange, Sternbild 122.
Schlangen 558, 589.
— -herz im Sternbild der Schlange 122.
Schlangensterne 577.
Schlangenträger, Sternbild 113, 122.
Schlankaffe 606, 629.
Schlauche 339.
Schlauchflechte 520.
Schlauchpilze 523.
Schlehbusch, Kohlenschacht zu 141.
Schleicher 586, 628.
Schleiden, M. J. 459, 463.
Schleimfische 588.
Schleimpilze 492, 523.
Schlichthaarige 668.
— Abart 667.
— Rassen 666.
Schlichthaarmenschen 508, 692.
Schließzellen 462.
Schlinggewächse 556.
Schlucht 339.
Schlußfolgerung 4.
Schlundknoten 582.
Schlundring 581.
Schlundrinne 581.
Schmalköpfige Menschen 666.
Schmalnasen 605, 618, 620.
Schmalnasige Affen 600.
Schmarotzer 491.
— -tiere 492.
Schmelzfische 588, 614, 629.
Schmelzschupper 499.
Schmetterlinge 499, 556.
Schmidt, Joh. Fr. Julius 114, 286.
—, Oscar 90, 92, 508, 578, 612, 615, 674.
Schnabeltiere 593, 594, 617.
Schnabelkerfe 499.
Schnecken 498, 499, 504, 584.
— -linie 96.
Schnee, 299, 304.
— -krystalle 84, Abb. 84.
— -wächten 644, Abb. Schneewächte am Schwärzeberg 643.
Schnepfenstrauß 591, Abb. 591.
Schnurwürmer 611, 629.
Schöpfungssagen 8ff.
— der Bella-Coola-Indianer 15.
— — Buschmänner 13.
— des Eskimo 12.
— an der Goldküste Afrikas 8.
— der Griechen 16.
— — Maori 11.
— — Marschallinsulaner 9.
— — Römer 16.
— — Wanyoro 8.
—, hebräische 17.
Scholastik 39.
Schrecken 499.
Schreckhorn, kleines 381.
Schreibkreide 483.
Schröter 230.
Schuluhs 691.
Schumann, K. 710.
Schuppenbäume 539.
Schuppeneidechsen 589.
Schuppenfarne 497, 502, 537.
Schuppenförmige Haare bei den Pflanzen 462.
Schuppenlurche 615, 616, 629.
Schütterlinien 294.
Schütze, Sternbild 99, 113, 123, 125, Abb. Nebelfleck im 98.
Schwämme 408, 498, 505, 573, Abb. Glasschwamm 573.
Schwärmsporen 469, 488, Abb. Verschiedene Schwärmsporen 469.
Schwärmzustände 470, Abb. Verschiedene Schwärmzustände 478.
Schwammflechte 520.
Schwammparenchym 460, 462.
Schwammpilze 523.
Schwammtiere 504, 709.
Schwan, Sternbild 113, 122.
Schwann, Theodor 463.
Schwanzlurche 589.
Schwarze Rasse 666.
Schwarzkunst 35.
Schweiger-Lerchenfeld 493, 512, 549.
Schweißdrüsen 571.
Schwerkraft 55, 146.
Schwimmvögel 499.
Schwimmwage 28.
Schwungkraft 146.
Sciaena aquila 370.
Scioto-Thal, Schädel aus dem 663, Abb. 664.
Scirocco 261.
Scyphomedusen 574.

Secchi, Angelo 76, 77, 111, 114, 153, 155, Abb. 75.
Sedimentäre Gesteine 251.
Sedimente 359.
Sedimentgesteine, krystallinische 372, 374.
Seebeben 294.
Seedrachen 589.
Seegurken 498, 580, Abb. Entwickelungsstadien einer Seegurke 579.
Seeigel 438, 498, 579.
Seekühe 499, 598.
Seelilie 392, 421, 424, 498, 579, Abb. 420, Encrinus liliiformis 423, Entwickelungsstadien einer Seelilie 578.
Seelöß 325.
Seeschlangen 589.
Seeschnecke 586, Abb. Segellarve einer Herzmuschel und einer Seeschnecke 583.
Seesterne 498, 577, Abb. Entwickelungsstadien eines Seesternes 577.
Seewalzen 580.
Segellarve 586, Abb. Segellarve einer Herzmuschel und einer Seeschnecke 583.
Sehen 2.
Seismische Linien 294.
Seismographen 294.
Seismometer 294.
Seismoskope 294.
Seitenmoränen 643.
Sekrete 462.
Sekundäre Gewebe 465.
Sekundärzeit 392, 423, 629.
Sekundenpendel 147.
Selachier 588, 614, 629.
Selaginellen 538, Abb. 539.
Selaginen 538.
Selenographie 56.
Semiten 686, 691, 693.
Semitische Rasse, Stammbaum der 691.
Semons, Richard 596.
Senegambier 669.
Sensible Fasern 571,
Seracs 645.
Serapis-Tempel, Säulen des 382, Abb 382.
Sermitsialik, Gletscher von 647, Abb. 647.
Serpentin 375.
Setschuanen 669.
Sextant 46.
Sexualsystem 64.
Siamesen 671.
Sibirisches Meer 633.
Siebengestirn 124.
— der Alten 49.
Siebold 498.
Siegelbaum 539, Abb. Stamm eines Siegelbaumes 537, Siegelbaum aus der Steinkohlenzeit 540.
Siemens, Dr. Werner 437.
Sigillariae 539.
Silexbrunnen von Mur de-Barrez 654, Abb. 653.
Silikate 331.
Silurformation 377, 391, 412, Abb 377, Panzerfisch aus der 413.
Simiae 618.
Singaffe 628, 629.
Singhalesen 672.
Sinneshärchen 571.
Sinnesorgane 2 ff., 571.
Sinnesreize 1.
Sinneswerkzeuge 1.
Sinterterrassen 272, Abb. Kieselsinter-Terrassen 272.
Sintflutsagen 12 ff.
Schöpfungssagen der Algonquin-Indianer 14, Abb. 14.
Siphoneen 484, 489, 522.
Siphonophore 505, 574, Abb. Hauptformen der Nesseltiere 574.
Sirius 118, 126.
Sirrach 120, 121.
Sivetherium 450.
Skandinavier 690.
Skaphander-Apparat 364.
Skelett 571.
Skoloten 687.
Skorpion 123, 581, Abb. Skorpione aus dem oberen Silur 581.
— Sternbild des 125.
Skythen 687.
Slaven 687, 690.
Slavogermanen 690.
Soemmering 63.
Solfatara 257.
Solnhoferplatten 436.
Somali 691.
Sommereichen 554.
Sommermonsum 297.
Sommersonnenwende 119.
Sommerzeichen 123.
Sonne 22, 134, 146, 149 ff., Abb. Oberfläche der Sonne 149.
Sonnenfackeln 152.
Sonnenfinsternis 151.
Sonnenflecke 115, 150, 152, 155 ff., Abb. 151, Zustände und Vorgänge in einem Sonnenfleck 155.
Sonnenfleck-Spektrum 77.
Sonnenprotuberanzen 153, 155, Abb. 152, 153.
Sonnenspektrum 77.
Sonnensystem 129, Abb. Größenverhältnisse im 133.
Sonnentafel des Hipparch 29.
Sonnentierchen 489, 492, Abb 492.
Sonnenuhr 60.
— gemauerte 60, Abb. 60.
Sorben 690.
Sorozoa 498.
Sorus 532, 548, Abb. Charakteristische Organe der Rhizocarpen 532.
Spaltöffnungen der Pflanzen 461.
Spaltpilze 489, 523, Abb. 489.
Spanisches Rohr 558.
Spatzen 705.
Specialmutterzellen 515.
Species 507.
Specifisches Gewicht 28.
Speicheldrüsen 571.
Spektralanalyse 25, 71, 113, 167, Abb. Spektralapparat von Bunsen 73.
Spektralapparat 74, von Bunsen, Abb. 73.
Spektroskop 74, Abb. Potsdamer Spektroskop 74.
Spektrum 71, Abb. Spektren chemischer Stoffe 72, Spektralapparat von Bunsen 73.
Sperling, Johann 63.
Sperlinge s. Spatzen.
Sperma ceti 237.
Spermaphyten 542.
Spermazelle 471.
Sphäre 133.
Sphärische Linsen 114.
Sphäroid 69, 133.
Sphaerozoon ovodimare 487, Abb. 488.
Sphagnodinen 526.
Sphenophyllum 535, Abb. Charakteristische Organe von Sphenophyllum 534, 535.
Spica, Stern 125.
Spiegel 39.
Spirale 96.
Spiralnebel 97, 100.
Spinnen 498, 504, 581.
— echte 499.
Spinndrüsen 571.
Spinnentiere 499, 582.
Spirillen 489.
Spongiae 498, 505.
Spongien 408.
Spontan 485.
Sporangien 468, 548.
Sporen 468, 469.
Sporentierchen 491, 498.
Sporocarpien 532, Abb. Charakteristische Organe der Rhizocarpeen 532.
Sporocarpium 534.
Sporozoen 489, 491.
Sprache 623, 681, 685.
Sprachlose Urmenschen 618.
Sprachmenschen 629.
Sprachstämme 674.
Spulwurm 524, Abb. 524.
Stabiä, Verschüttung der Stadt 27.
Stachelbildungen der Pflanzen 462.
Stachelhäuter 575.
Stachelzellen 465.
Stärkebildner 460.
Stärkeempfindung 3.
Staffelbruch 384.
Stalagmiten 347, Abb. 348.
Stalaktit 347, Abb. 347.
Stammesreihe des Menschengeschlechtes, Uebersicht der 629.
Stammfische 588.
Stammpaarnasen 588.
Stammsänger 617, 629.
Stammzelle 471, 473, Abb. Querschnitt der kugeligen Stammzelle eines Sterntieres 464, Stammzelle des Säugetieres 473.
Stanley, Williams 174.
Stapff 234.
Staphylococcen 491.
Stauridium 575, Abb. 575.
Stauungsbeben 289, 294.
St. Canzian, Grotten von 351.
Steatopygie 669.
Stegocephalen 421, 424, 616, 629, Abb. Fossiler Panzerlurch 420.
Steilküste 358.
Stein der Weisen 34.
Steinalgen 404.
Steinbock 123.
— Sternbild 125.
Steinkohle 375.
Steinkohlenformation 377, 391, 414, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Steinkohlenlandschaft, ideale 416, Abb. 416.
Steinkoralle 403, Abb. 401.
Steinmeteoriten 195, 196, Abb. 196
Steinnadeln 650, Abb. 650.
Steinregen von Pultusk 196, Abb. 196.
Steinschlagrinne 339.
Steinsteppe 328.
Steinzeit 655.
—, ältere 655.
—, jüngere 650, Abb. Idealbild aus der jüngeren Steinzeit 661.
— Menschenschädel aus der 657, Abb. Trepanierter Menschenschädel aus der jüngeren Steinzeit 657.
Stellung des Menschen in der Natur 92.
Stelzvögel 499.
Stengel 518.
Stenophoren 505.
Stenops 629.
Stenson, Nicolaus 80.
Stentor Roeselii 487, Abb. 488.
Steppe 328, Abb. Afrikanische Steppenlandschaft 327.
Steppenbildung 328.
Sternbilder 29.
Sterne, veränderliche 112, 115 ff.
Sterndeutekunst 41.
Sternhaufen 103 ff.
Sternenhimmel 93.
— Gesamtbild des 116 ff.
— Karte des nördlichen 120, Abb. 120.
— nördlicher 56, Abb. 55.
— südlicher 56, Abb. 56.
Sternkunde 22.
Sternschnuppen 148.
Sternschnuppenschwärme 69
Sternspektren 77, Abb. 120.
Sterntiere, 498, 503, 504, 575, Abb. Querschnitt der Stammzelle eines Sterntieres 464.
Sternwürmer 499.
Steyvaert 228.
Stickstoff-Spektrum 77.
Stieleichen 554.
Stier 123.
Stier, Sternbild 124.
Stigmaria 540.
Stirnmoränen 643.
Stockpflanzen 518.
Stöchiometrie 65.
Stör 588, 629.
Stoffwechsel 451, 572.
Stoßlinien 294.
Strabo 256.
Straffhaarige 666, 668.
— Abart 667.
— Menschen 692.
Strahlentiere 498.
Strahlinge 489, 492.
Strandriff 405, Abb. Küsten-, Strand- und Lagunenriffe 405.
Strauß, Victor von 684.
Straußvögel 590.
Strecker 571.
Streptococcen 491.
Streptococcus pyogenes 491.
Stromboli-Vulkan 261.
Strudelwürmer 574, 610.
Struktur 251.
Struve, Wilhelm von 69.
Stückelalgen 370, 393, Abb. Diatomaceen 392.
Stuhlrohr 558.
Stundenkreise 119.
Subpelagische Bildung 358.
Succusorisches Erdbeben 294.
Suctorien 494.
Sudanvölker 669, 673, 692.
Südaraber 691.
Südliches Kreuz, Sternbild 126.
Südlicher Sternhimmel 56, Abb. 56.
Südostslaven 690.
Südsemiten 686, 691.
Südslaven 690.
Sueß, Eduard 13
Süßwasser-Polypen 504.
— -schwamm 673
Sumpfcypresse 546.
Sumpfsteppe 328.
Sunda-Inseln, Krater auf den 265.

Sundanesier 670.
Supranaturalistisch 83.
Swamps 546.
Swift, L 166.
Syenit 375, 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Syenitgebirge 390
Syenitporphyre 375.
Symbiose 519, 619.
Synthese 457.
Syrer 691.
System, ptolemäisches 30.
Systeme, künstliche 497.
— natürliche 497.

T.

Tabulaten 412, Abb. Favosites 410.
Tafelbruch 384.
Taifune 297.
Talgdrüsen 571.
Talipotpalme 562, Abb. 563.
Talkschiefer 375.
Tamilen 672.
Tange 477, 517, 519, Abb. Tangwald 519.
Tangentialkraft 139, 146
Tannen 545, 554, Abb. 552.
Taravera, Mount 270.
Taschen, morgagnische 623.
Tastsinn, 1, 3.
Tataren 670, 671.
Tauben 499.
Taucherapparate 360 ff., Abb. Photographie des Meeresgrundes 363, Elektrische Lampe für Tiefseeuntersuchung 364.
Taucherglocke 364.
Taurus 124.
Tausendfüßer 498, 499, 504, 556, 581, 582, Abb. 581.
Taxusbäume 547.
Taxuscedern 545.
Teda 678.
Teilung, Fortpflanzung durch 467.
Tektonische Erdbeben 294.
Teleosaurus 429, Abb. 430.
Teleostier 588.
Teleskopische Kometen 190.
Tempelscher Komet 191.
— — I. 191.
— — III. 190.
Tempel-Swiftscher Komet 190.
Temperaturmessungen der Erde 234, 235.
Tentakeln 585.
Tephrit 375.
Terebratula vulgaris 421 Abb. 424.
Terek 355.
Terminologie, nautische 682.
Terror Mount 230.
Tertiäre Eruptivgesteine 375.
Tertiärformation 376, 377, Abb Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377, Treppenförmig verworfener Kohlenflötz 378.
Tertiärzeit 337, 440, 629.
— die großen Umwälzungen der 631 ff.
Tertiary history of the Grand Cañon District von Duttor 312.
Tetarata 272, Abb Kieselsinter-Terrassen 272.
Tetragenus 491.
Thalamophoren 487, 489.
Thalassicola pelagica 490, Abb. 493.
Thalbildung 381, Abb 381.
Thallobryen 526.
Thalloidform 489.
Thallophyta 501.
Thallophyten 497, 520.
Thallus 489.
Thalluspflanzen 497, 501, 502, 517.
Tharr, Wüste 330.
Theatrum cometicum von Lubienicius 181.
Thee-Ernte auf einer Urwaldrodung 708, Abb. 707.
Thenay 635.
Theodosius der Große 31.
Theogonie, hellenische 19.
Theophrastus Paracelsus 26, 34, 105
Theromoren 427, 589, 629, Abb. Theromoren-Schädel 426.
Thianschan 632, 648.
Thollon 191.
Thon 375.
— plastischer 336.
Thonerde 332.
Thonnier, Franz 556
Thonschiefer 336, 375.
Thonschieferplateau 354, Abb. Durchbruch des Rheines durch das Thonschieferplateau 354.
Thrako-Illyrer 687.
Thuja 545.
Tiaropsis-Diadema 574, Abb. 575.
Tiamar 18.
Tibbu 678.
Tibetaner 671.
Tibus 669.
Tiefe 3.
Tiefenstufe, geothermische 235.
Tieflotungen, Uebersichtskarte der 368.
Tiefseeforschung, Instrumente für 360, 361, Abb. 360, 361, 362, 364.
Tiefseemesser 39.
Tiefsee-Photometer 361, Abb. 362.
Tiere, morgenländische 62, Abb. 62.
— nordische 62, Abb. 61.
— wirbellose 573.
Tierisches Leben 452.
Tierklassen 503.
Tierkreis 123.
Tiermoneren 485.
Tierreich 565 ff.
Tierstöcke 468.
Tierzelle 463.
Tigrer 691.
Tintenfische 504.
Tobel des Wildbaches 344.
Tochterkerne 460.
Tochterzellen 470.
Tocornithen 589
Todas 665, 672, 692.
Tolteken 676.
Ton 3.
Tongariro 270.
Tonhöhe 3.
Ton-Sprache 627.
Topographische Kenntnis 56.
Torf 375.
Torfmoor 418.
Torfmoose 526.
Tornados 297.
Totliegendes 422.
Tournefort 64
Tracheaten 504, 581.
Tracheen 582.
Trachyt 375, 377, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Traité de Mécanique céleste von Laplace 57.
Transspirationsorgane der Pflanzen 461.
Transversalen 38.
Traubeneiche 554.
Trauerbiene 568, Abb. Erdzellensysteme der Trauerbiene 570.
Trepanation 657.
Triangel, Sternbild 123.
Triasformation 377, 392, 424, Abb Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377, Muschelkalk der Triasformation 392.
Trichinen 451.
Trichogyne 522, 523.
Trichter 334.
Triftströmungen 367.
Trigonien 424.
Triklin 85.
Trilobiten 412, 582, Abb. Paradoxides bohemicus 411, 582.
Tripolitaner 691.
Trismegistus 33.
Troglobiten 678.
Tromholt, Sophus 96.
Tropenwald 554.
Tropfstein 347.
Tropfsteinhöhle 348, Abb. Tropfsteinhöhle im Kalkgebirge 349.
Tschechen 690
Tscherkessen 673.
Tschuktschen 671.
Tuarik 691.
Tubu 678.
Türken 670, 671.
Tuffe der Eruptivgesteine 375.
Tulpen 708.
Tundren 328.
Tunesen 691.
Tungusen 671.
Tunicaten 498, 499, 581, 612.
Turbellarien 610
Tuscarora, Tiefsee-Expedition der 366
Tuttlescher Komet 191.
Tycho de Brahe 46, 47, 114, 142, Abb. 46.
Tycho, Mondkrater 210, Abb. Das Innere eines Mondkraters 207.
Tychonischer Stern 120.
Typentiere 503.
Typus, australoider 675.
— mongoloider 676.
— negroider 675.
— xanthochroischer 675.

U.

Uebergangsgebirge 411.
Uebernatürliche, das 5 ff.
Ullip 9.
Ulotriches 668.
Umbra 150.
Undina acutidens 429, Abb. 429.
Undulationstheorie 57.
Undulatorisches Erdbeben 294.
Unpaarnasen 586, 614.
Unterreiche des Pflanzenreichs 501.
Ur 705.
Ural-Altajer 692.
Uralier 671.
Uranus 19, 146, 177, 178, 179
Uranusmonde 134.
Urarterie 477.
Ur-Chordatiere 611, 629.
Urdarm 475.
Urdarmtiere 500, 504, 610, 629.
Urei 464, 471, Abb. Ureier verschiedener Tiere 464.
Urfische 499, 588, 614, 629
Urgebirge 377, 390, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Urgermanen 690.
Urgneisformation 377, 411, Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Urhirn 582
Urhufer 598.
Urjuden 691.
Urkrebs 582.
Urluftröhrer 581.
Urlurche 615, 629.
Urmalayen 670, 692
Urmensch 664, 667.
Urmenschen, sprachlose 618.
Urpflanzen 485, 500
Urphöniker 691.
Urrasse 667.
Urraubtiere 600.
Urringeltiere 582.
Ursäuger 427, 629
Urschieferformation 377. Abb. Idealer Durchschnitt der Erdrinde 377.
Urteilbildung 4.
Urthracier 690.
Urtiere 485, 498, 500, 573, 629.
Urvene 477.
Urvögel 589.
Urwald, afrikanischer 556,
— auf Java 558, Abb. 555.
Urwelt der Schweiz von Oswald Heer 393, 397, 407, 415.
Urwirbel 476, Abb Schematische Querschnitte durch den Keimschild der höheren Wirbeltiere 476.
Urzeugung 82, 455.
Utah-Halbinsel 431
Uterus 476.

V.

Vacuolen 361, 495.
Vaniforo, Wallriffe auf 406, Abb. 406.
Vasco de Gama 40.
Veddalen 665.
Veddas 629.
Vega 118.
Vegetatives Leben 452.
Veltlingletscher 642.
Venus 69, 134, 146, 163, 176, 179, 226 ff., Abb. Venusdurchgang im Dezember 1874 226, Venus mit ihren Flecken 228.
Venusdurchgang s. Venus.
Venusphasen 228, Abb Venus mit ihren Flecken 228.
Veränderliche Sterne 112 ff., Abb. Oberfläche eines veränderlichen Sternes 115.
Verborgenehelige Pflanzen s. Kryptogamen.
Vergletscherung der Erde zur Eiszeit 642, Abb. 642.
Vergrößerungsglas 52.
Verholzt 461.
Verkorkt 461.
Vermes 498.
Verne, Jules 137.
Vernier 38.

Verschleimt 461.
Vertebraten 498, 499, 504, 581.
Verwitterung 323, 334.
Verwitterungsschutt 335.
Very, Frank W. 211.
Vesta 17, 19, 164, 180.
Vesuv 254, Abb. Ausbruch des 254.
— =Krater 256, Abb. 256, 257.
— und die Phlegräischen Felder 240, Abb. 241.
Vézère, Thal der 655.
Vico de 230.
Vielgötterei 11.
Vielsilbensprachige Mongolen 671.
Vielsprachige Menschenrassen 687.
Vielzellige Tiere 611.
Vinland 32.
Virchow 506, 634, 674, 679, 699.
Virgo, Sternbild 125.
Vivisektionen 63.
Vließhaarige 666, 668.
— Abart 667.
Vögel 498, 499, 504, 586, 589.
— Keimblase der 473.
Vogel, H. C. 76, 111, 184.
Vogelei 472, Abb. Scheibenförmige Furchung des Vogeleies 472.
Vogelschau, Darstellung des Pic Teneriffa aus der, 241, Abb. 242.
Vogt, Karl 92.
Vollerde 211.
Vollmond 204.
Volta 64.
Volumenverhältnisse 65.
Volvocinen 610.
Volvox 629.
Volvox globator 487, Abb. 488.
Vorderhand 619.
Vorderkörper 624.
Vorkeime 529, 531, Abb. Vorkeime des Haarfarnes 529.
Vorkeimpflanzen 497, 517, 525.
Vormensch 698.
Vorsänger 427.
Vortertiäre Eruptivgesteine 375.
Vorticella 495.
Vorweltliche Gletscher 651, Abb. 651.
Vulkan homogener 248.
— zusammengesetzter 247.
— schematischer Querschnitt eines 247, Abb. 247.
— von Santorin 264, Abb. 263.
Vulkane, Uebersichtskarte der 368.
Vulkanische Erdbeben 294.
Vulkanismus 239 ff.
Vulpecula, Sternbild 122.

W.

Wachholder 543, Abb. Weibliches Organ einer Gymnosperme 543.
— =baum 545.
Wadenlose Wilde 625.
Wärme 514.
— =empfindung 1.
Wage, Sternbild 123, 125.
Wagner, Moritz 688.
Wald, deutscher 549.
— =bild, mitteleuropäisches 548, Abb. Kombiniertes mitteleuropäisches Waldbild 548.
Waldeyer 675.
Waldmoore 546.
Wale 499, 598, 600.
Walfisch, Sternbild 125.
Wallace, Alfred Russel 87, 92.
Wallriffe 406, Abb. Vanikoro 406.
Walrat 237.
Wanderungstheorie 688.
Wanderzellen 466.
Wanyoro, Schöpfungssage der 8.
Wanzen 499.
Wasser 331 ff.
— =fall, steinerner 348.
— =farne 497, 534.
— =lunge 580.
— =mann, Sternbild 123.
— =pflanzen 462.
— =schlange, Sternbild 126.
— =schnabeltiere 593, Abb. 590, Skelett des Wasserschnabeltieres 591.
— =stoff 76.
Watson J. 166.
Weber, Wilhelm Eduard 68.
Webspinnen 499.
Weddas 665, 668, 672, 692.
Wedelfarne 532, 537.
Weichtiere 498, 499, 500, 503, 504, 584.
Weinfelder Maar 248.
Weinpalmen 556.
Weiß, Edmund 95.
Weiße Meerkatze 605, Abb. 604.
— Rasse 666.
Weißhand=Gibbon 605, Abb. 603.
Wellenbewegung des Lichtes 57.
Wellenbrechung 357, Abb. 355.
Weltäther 161.
Weltanschauung, babylonische 18, Abb. 18.
—, der Naturmensch und seine 1 ff.
Werner, G. A. 80, 331.
Westaffen 605.
West=Arier 686, 687.
Westphalscher Komet 191.
Westsemiten 686.
Westslaven 690.
Wettersäule 297, Abb. Wettersäule auf dem Festlande 297, Wettersäule auf dem Meere 298.
Widder 123.
—, Sternbild 124.
Widersee 358.
Wiener Becken 450.
Wildbach 344.
Williams, Stanley 174.
Wilson, Dr. 150.
Wimpern 494.
Winchell 372.
Wind 323.
Winneckescher Komet 190.
Winslow 63.
Wintereiche 554.
Wintermonsun 297.
Winter=Solstitium (Winteranfang) 120.
Wintersonnenwende 119.
Winterzeichen 123.
Wirbellose 629.
— Metazoen 629.
— Tiere 573 ff.
Wirbeltierahnen, menschliche 613.
Wirbeltiere 498, 499, 500, 503, 504, 581, 586 ff., 629.
—, niedere 629.
Wirbeltier=Embryonen Abb. 479.
Wissenschaft, die und ihre Hilfsmittel 21 ff.
Witt, Gustav 164, Abb. Photographische Fixierung des Wittschen Planeten 164.
Wolf 706.
—, Caspar Friedrich 82.
—, R. 115.
Wolken 299.
— =bruch 299.
Wollhaarige 668.
— Abart 667.
— Menschen 689.
— Rassen 666.
Wollhaarmenschen 508.
Wortsprache 627.
Würmer 498, 504, 580.
Würmerstock 578.
Wüste 328.
Wüstentiere 567.
Wunder des Himmels von Littrow 95.
Wurm=Person 578.
Wurmtiere 500, 503, 629.
Wurzel 518.
— =füßer 393, 394, 489, 498, 709.
— =krebs 583, Abb. Nauplius= und ausgebildete Form eines Wurzelkrebses 585.
Wuttbaum 11.

X.

Xanthochroischer Typus 675.
Xiphodon 444.

Z.

Zahlensystem, dekadisches 70.
Zahnarme 499, 598.
Zahnschmelzzellen 465, Abb. 465.
Zahnvögel 589.
Zambesivölker 669.
Zanclodon 426.
Zapfenbäume 545.
Zapfenfarne 545.
Zapfenpalmen 436
— geologische 409 ff.
Zelle 459 ff., 465, 483, 609, Abb. Verschiedene Zellen 465.
Zellenkryptogamen 529.
Zellentierchen 393.
Zellenvereine 610.
Zellhaut 459, 461.
Zellhorden 483, 609.
Zellinge 501.
Zellkern 459.
Zellkolonien 483.
Zellmembran 461.
Zellpflanzen 529, 530.
Zellsaft 460
Zellwand 459.
Zend Avesta 131.
Zendvolk 687.
Zeus 17, 19.
Ziege 507.
— Sternbild 121.
Zimmet 562.
Zirknitzersee 353.
Zodiacus 123.
Zodiakallicht 200 ff.
Zöllner 115, 130.
Zona pellucida 473.
Zoogene Gesteine 371.
Zoogene Protisten 501.
Zooglöen 491, Abb. 490.
Zoomoneren 457, 485, 489, 609.
Zoophyten 498, 503.
Zoosporen 484.
Zuchtwahl 87.
Zuckerpalme 562, Abb. Zuckerpalme auf Ceylon 560.
Zuluvölker 669.
Zungenfarne 537.
Zungenwürmer 499.
Zusammengesetzter Vulkan 247.
Zweiflügler 499.
Zweikeimblättrige 497.
Zweilappige 520.
Zweipaarfüßer 499.
Zwillinge, Sternbild 123, 124.
Zwillingskrystalle 85.
Zwischenzellmasse 465.
Zwitterhafte Ordnungen 469.
Zygospore 470.

Berlin, Druck von W. Büxenstein.